Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio

Gobierno de Chile

MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

ANALES

del Museo de Historia Natural de Valparaíso (En línea)

ISSN 0717-537X / An. Mus. Hist. Nat. Valpso. (En línea) Vol. 33 (2020) / Valparaíso, Chile.

ANALES
DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

ANALES

MUSEO DE HISTORIA NATURAL
DE VALPARAÍSO

Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio
Consuelo Valdés Chadwick

Servicio Nacional del Patrimonio Cultural
Carlos Maillet Aránguiz

Dirección Regional Valparaíso
Víctor Silva Ipinza

Museo de Historia Natural de Valparaíso
Sergio Quiroz Jara

Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (En línea) ISSN 0717-537X.

Fundada en 1968, es una revista científica de carácter anual publicada por el Museo de Historia Natural de Valparaíso y el Servicio Nacional del Patrimonio Cultural que tiene por objetivo contribuir a la divulgación científica de trabajos originales e inéditos referidos a las temáticas de ciencias naturales, arqueología y antropología principalmente de la Región de Valparaíso y la zona central de Chile, dirigida a investigadores especialistas, académicos, universitarios y público en general.

De igual forma, la revista publica artículos creados por el Museo de Historia Natural de Valparaíso con el objetivo de aportar a la comunidad al conocimiento, estudio y puesta en valor de las importantes colecciones biológicas, arqueológicas, educativas, bibliográficas y documentales que el Museo de Valparaíso resguarda. La revista publicada en su formato impreso desde 1968 a 2018 (ISSN 0716-0178), ahora en su versión digital, recibe investigaciones que se ajusten a los siguientes formatos de publicación: artículos científicos originales; artículos de revisión; notas científicas breves; recensiones bibliográficas; investigaciones históricas referidas a Valparaíso y Museo de Historia Natural de Valparaíso, acogiéndose a las normas definidas por el Comité editorial disponibles al final de cada ejemplar.

Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio
Gobierno de Chile

MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

COMITÉ EDITORIAL

Director MHNV
Sergio Quiroz Jara

Editora general
Vivian Cordero Peñafiel
Museo de Historia Natural de Valparaíso

Editor científico
Sergio Quiroz Jara
Museo de Historia Natural de Valparaíso

Diseño y diagramación
Paulina Carrillo Bustos

CONSULTAS

Editora General
Vivian Cordero Peñafiel, Bibliotecóloga Museo de Historia Natural de Valparaíso Contacto: vivian.cordero@museoschile.gob.cl

Lectura y descarga
Sección publicaciones
Página web Museo de Historia Natural de Valparaíso
https://www.mhnv.gob.cl

Lugar de edición
Museo de Historia Natural de Valparaíso Condell 1546, casilla 3208, correo 3 Valparaíso, Chile.

Foto portada: Quezada, C. (2020) Ejemplar de Pejerrey *Odontesthes regia,* perteneciente a la colección del Museo de Historia Natural y Cultural de Calama. ©Claudio Quezada Romegialli

ÍNDICE

04.

PRÓLOGO
Sergio Quiroz Jara
Museo de Historia Natural de Valparaíso

05.

ARQUEOLOGÍA Y GEOLOGÍA

06.

Hallazgos de mamíferos extintos del pleistoceno en la cuenca de Santiago (Región Metropolitana, Chile). Observaciones geológicas y taxonómicas.
Findings Of Extinct Mammals Of The Pleistocene In The Santiago Basin (Metropolitan Region, Chile). Geological And Taxonomic Observations.
Patricio López Mendoza, Valentina Flores-Aqueveque e Ismael Martínez Rivera.

26.

ECOLOGÍA Y MEDIOAMBIENTE

27.

Potencial uso y aplicaciones del ADN ambiental en humedales: una novedosa aproximación al estudio de la biodiversidad íctica en Chile.
Lenka Kurte Palma, Francisco Llanquín-Rosas y Claudio Quezada-Romegialli.

49.

ZOOLOGÍA

50.

Identidad del Pejerrey (Teleostei, Atheriniformes, Atherinopsidae) del cementerio Topater-1 (2400-2300 AP), Calama, desierto de Atacama, Chile.
Brian S. Dyer, Osvaldo Rojas Mondaca, Valentina Guevara Guzmán y Claudio Quezada Romegialli.

66.

INVESTIGACIONES HISTÓRICAS

67.

Mantas, ponchos y mantones en la Colección fotográfica Teodoro Kuhlmann Steffens.
Angela Herrera Paredes.

86.

NORMAS DE PUBLICACIÓN: INDICACIONES PARA AUTORES Y AUTORAS

PRÓLOGO

Edición, Vol. 33

Con orgullo y alegría presentamos el Volumen N°33 de nuestra publicación científica, Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (MHNV), perteneciente al Servicio Nacional del Patrimonio Cultural (SNPC), del Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio.

Estamos experimentando un año 2020 muy complejo a raíz de una de las peores pandemias originadas por un virus (COVID-19), mientras las restricciones sanitarias han obligado permanecer confinados, existen equipos que continúan realizando investigación científica, reflexionando permanentemente sobre el impacto de la pandemia en diferentes aspectos de la actividad de laboratorio y de campo, y cuyas conclusiones nos llevan a abandonar el sitial del individualismo para potenciar el trabajo colaborativo.

Nuestra responsabilidad como Museo en la protección, conservación y en el desarrollo del conocimiento científico de las colecciones que custodiamos, nos motivó desde el primer momento de pandemia, a preparar protocolos sanitarios, realizar turnos éticos y trabajar en equipo para continuar avanzando en la indagación de nuestro patrimonio bibliográfico, biológico, arqueológico y antropológico.

Como testimonio, el equipo editorial de la Revista Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso, reconoce a las mujeres y a los hombres, que a pesar de la incertidumbre sanitaria global, continuaron desarrollando ciencia, contribuyendo de forma sostenible y equitativa en generar nuevos conocimientos para nuestra comunidad.

Sergio Quiroz Jara
Director
Museo de Historia Natural de Valparaíso

Arqueología y Geología

Puco, vasija de contorno simple perteneciente a la Cultura Aconcagua, Chile central. N° de inventario MHNV-803 27. Colección Juan Lodwig donada en 1921 al Museo de Historia Natural de Valparaíso.

ANALES
DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 33, 2020
Arqueología
y Geología

Hallazgos de mamíferos extintos del pleistoceno en la cuenca de Santiago (Región Metropolitana, Chile). Observaciones geológicas y taxonómicas

Findings of extinct mammals of the pleistocene in the Santiago basin (Metropolitan Region, Chile). Geological and taxonomic observations

Patricio López Mendoza*
Valentina Flores-Aqueveque**
Ismael Martínez Rivera***

RESUMEN

El presente trabajo describe los hallazgos fósiles recobrados de depósitos pleistocénicos de dos sectores del área Norte de la Cuenca de Santiago. Del sector denominado CT N°2 proviene un fragmento distal de tibia de Equidae, mientras que del sector Pique Vivaceta se recuperaron un maléolo y una metáfisis y epífisis distal de tibia de un Camelidae de gran talla, superior a la de los actuales guanacos. La secuencia identificada en la columna estratigráfica de CT N°2 permite definir dos unidades, una inferior caracterizada por sedimentos estratificados, de tamaño relativamente más gruesos (arenas finas a gruesas), de forma generalmente angulosas a subangulosas y con baja esfericidad, y otra unidad superior masiva dominada por

* Arqueólogo (Universidad de Chile), Magíster y Doctor en Antropología (UCN). E-mail: patriciolopezmend@gmail.com
** Departamento de Geología, Universidad de Chile. E-mail: vfloresa@uchile.cl
*** Arqueólogo (Universidad de Chile) y Conservador-Restaurador (PUC). E-mail: ismart68@gmail.com

partículas finas (limo y/o arcilla), con un grado mayor de redondeamiento y baja esfericidad. Para el caso de Pique Vivaceta se identificó una secuencia compuesta por estratos sub horizontales de escala centimétrica a decimétrica. De acuerdo con los cambios tanto texturales como de color fue posible definir 8 subunidades, las cuales fueron agrupadas en 4 unidades mayores. Para ambos sectores se interpretan sedimentos depositados en un ambiente aluvial de baja energía, desarrollados sobre sedimentos relativamente más antiguos de origen aluvial y/o coluvial.

Palabras clave: Pleistoceno, Cuenca, Santiago, Camelidae, Equidae.

ABSTRACT

The present work describes the fossil finds recovered from Pleistocene deposits of two sectors of the northern area of Santiago Basin. From the sector named CT N°2 comes a distal fragment of Equidae tibia, while the Pique Vivaceta sector recovered a malleolus and a metaphysis and distal epiphysis of the tibia of a large Camelidae, superior to that of the current guanacos. The sequence identified in the stratigraphic column of CT N°2 allows to define two units, the lower one characterized by stratified sediments, of relatively coarse grain size (fine to coarse sands) and generally angular to subangular shape and low sphericity, and another upper massive unit dominated by fine particles (silt and/or clay), with higher degree of roundness and low sphericity. In the case of Pique Vivaceta, a sequence composed of sub-horizontal strata of centimetric to decimetric scale was identified. According to changes in both, texture and color, 8 subunits were defined, which were grouped into 4 major units. For both sectors, sediments deposited in a low energy alluvial environment developed on older sediments of alluvial and/or colluvial origin, were interpreted.

Key words: Quaternary, Basin, Santiago, Camelidae, Equidae.

INTRODUCCIÓN

La cuenca de Santiago y sus sedimentos cuaternarios reflejan distintos eventos fluviales, aluviales, lacustres, volcánicos, y glaciares (Wall et al. 1999, Araneda et al. 2000, Yáñez *et al.* 2015). Asociados a depósitos pleistocénicos, el descubrimiento de mamíferos extintos en su mayoría ha sido azaroso, conllevando en algunos casos la pérdida de información contextual y estratigráfica. Pese a esta carencia de información para algunos de estos hallazgos, el registro paleontológico permite ser re-evaluado taxonómica y cronológicamente a partir de técnicas radiométricas junto al mayor conocimiento que se tiene en la actualidad sobre la distribución estratigráfica y cronológica de los taxones extintos, y que para el caso de la cuenca de Santiago ha motivado una serie de trabajos y revisiones (ver Casamiquela 1999, Alberdi y Frassinetti 2000, Frassinetti y Alberdi 2000, Frassinetti y Alberdi 2001, Labarca 2015). Junto a esto, en las últimas décadas y con el aumento del desarrollo urbano e industrial y la necesaria implementación de los Estudios de Impacto Ambiental que velan por el registro y resguardo de evidencias científicas y de alto valor patrimonial arqueológico, histórico y especialmente paleontológico, el rescate de fósiles ha ido de la mano con un registro más acabado, aunque dicha información no es del todo pública para los círculos científicos y de difusión general.

En este contexto, el presente trabajo aborda la descripción del contexto geológico y discusión taxonómica de dos hallazgos de mamíferos extintos de las familias Equidae y Camelidae provenientes de depósitos pleistocénicos del sector norte de la Cuenca de Santiago. Estos hallazgos fueron realizados durante labores de

excavación llevadas a cabo por la empresa Metro S.A. en dos sectores denominados CT N°2 y Pique Vivaceta, emplazados a poca distancia de los hallazgos de *Scelidodon* cf. *chilense*, *Equus (Amerhippus)* y *Megatherium* en la ya desaparecida fábrica de Cerámicas Princesa en la comuna de Conchalí (Berdichewsky 1969-1970, Casamiquela 1967, 1969, 1999). De esta manera, los objetivos de este artículo corresponden a: (1) describir los hallazgos paleontológicos en base a criterios anatómicos y métricos, (2) comparar la morfología y medidas de los especímenes de CT N°2 y Pique Vivaceta con ejemplares afines taxonómicamente y provenientes de otros yacimientos del Pleistoceno de Chile y América del Sur, y por último (3) entender el contexto sedimentológico y depositacional de los restos fósiles. Así mismo, una de las principales motivaciones de este trabajo es el aportar más antecedentes sobre los mamíferos que habitaron la Cuenca de Santiago durante el Pleistoceno y entregar datos que permitan complementar los listados existentes a la fecha.

ÁREAS DE ESTUDIO

Los dos hallazgos que se describen en este trabajo se encuentran distanciados por 2,5 km. El hallazgo del Sector CT N°2 (6307107 N-342596 E, Cota 477, y km 1+261.000) fue realizado a 18,63 m de profundidad, mientras que el fósil recuperado de Pique Vivaceta (6305168 N-343908 E, Cota 484 y km 4+055,943) se recobró a aproximadamente 30 m de profundidad (Figura 1). El área de estudio está situada en la Depresión Central, unidad geomorfológica ubicada entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera Principal caracterizada por una topografía extremadamente suave (450-550 m.s.n.m) interrumpida ocasionalmente por la presencia de algunos cerros islas. Este relieve suave y llano es reflejo de la gran cantidad de sedimentos cuaternarios que rellenan la Cuenca de Santiago, los que alcanzan potencias de hasta 500 m de espesor (Araneda et al. 2000, Yáñez et al. 2015). Entre los depósitos que rellenan la cuenca predominan los de origen fluvial, aluvial y coluvial; estando los dos primeros ampliamente distribuidos, mientras que los últimos se encuentran restringidos principalmente a los márgenes de la cuenca. Subordinadamente, la cuenca presenta además sedimentos de tipo piroclástico y sedimentos finos de origen lacustre (Figura 2). De acuerdo con el esquema de Wall et al. (1999), los yacimientos se encuentran emplazados sobre formaciones con depósitos aluviales caracterizados por sedimentos de tamaño grava y arena con intercalaciones de sedimentos finos, que gradan a limos y arcillas con intercalaciones de arenas y gravas hacia la parte más distal y que se intercalan con sedimentos lacustres (limos, arcillas y arenas limosas).

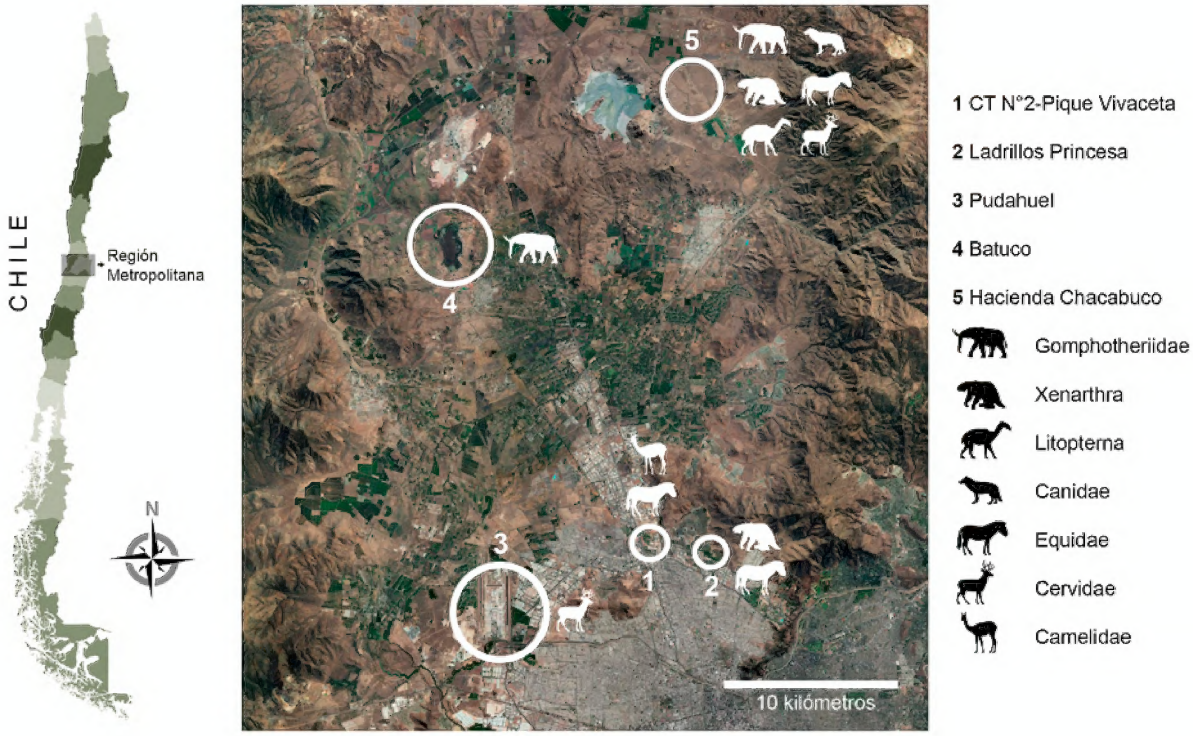


Figura 1: Ubicación de los yacimientos estudiados y localización de hallazgos de mamíferos extintos cercanos en la cuenca de Santiago Norte (ver Fuenzalida 1936, Berdichewsky 1969-1970, Tamayo y Frassinetti 1980, Frassinetti y Alberdi 2000, 2001, Labarca 2015).

A partir a las unidades geoambientales definidas por Fernández (2001), el área de estudio corresponde a la unidad A3 compuesta principalmente de limos y arcillas. Particularmente, los hallazgos se ubican entre las subunidades 'A3a' correspondiente a la zona intermedia a distal de los abanicos aluviales del estero Colina y el río Mapocho, caracterizada por depósitos de limos y arcillas con intercalaciones de arenas y gravas importantes hacia la zona más apical, y la subunidad 'A3b' la cual está compuesta principalmente por limos y arcillas distribuidos en zonas de depresiones de muy baja pendiente. Esta descripción concuerda con la definición de unidades desarrollada por Leyton et al. (2010), según la cual los sedimentos estarían caracterizados por gran cantidad de finos (limos y arcillas) con intercalaciones métricas de arenas y gravas de tamaños muy variables, asociados a abanicos aluviales (Unidad VII, Leyton et al. 2010). En esta unidad es posible encontrar además intercalaciones de ceniza volcánica, siendo interpretada, además, como una zona de mezcla de los sectores más distales de abanicos aluviales principales y abanicos menores. Yáñez *et al.* (2015) estimaron la densidad del relleno sedimentario de la cuenca a partir de información de 368 pozos resultando para el área de estudio densidades de entre 1,79-1,84 [g/cm3]. Estos valores son consistentes con un predominio de sedimentos finos (limos y/o arcillas) en la zona. Por otro lado, a partir de información estratigráfica de perfiles desarrollados en la zona por Morales (2002) y Gálvez (2012) se observa también para el área una estratigrafía dominada por sedimentos finos.

En un perfil estratigráfico con rumbo SSE-NNW realizado por Morales (2002) alrededor de 4 km hacia el oeste del sitio de ambos hallazgos, es posible observar que los primeros metros de relleno corresponden a sedimentos de la unidad C, definidos por el autor como un nivel generalmente discontinuo y delgado de limos arcillosos, arenosos, ligeramente gravosos. Esta información subsuperficial coincide con lo descrito por Gálvez (2012). El perfil estratigráfico realizado por este autor, a menos de 2 km del sector CT N°2, muestra un evidente predominio de sedimentos finos, limos y/o arcillas y algunas arenas, hasta los 40 m de profundidad aproximadamente. Bajo este estrato de sedimentos finos se observa una capa de grava de alrededor de 60 m de espesor. La escasa extensión de este estrato y su cercanía al Cerro Renca sugieren que su origen se relaciona a un efecto local producto de la erosión de los cordones montañosos cercanos. Al igual que Leyton (2010), Gálvez (2012) destaca también la aparición de horizontes métricos a decimétricos de ceniza volcánica observados en algunos pozos, entre los 5 y 30 m de profundidad aproximadamente. La presencia de capas de ceniza es reconocida también por Berdichewsky (1969-1970) quien reportó el hallazgo de restos fósiles de un *Scelidodon* cf. *chilense* a aproximadamente 3,5 km al nororiente de CT N°2 (Figura 1). A diferencia de los hallazgos paleontológicos descritos en este trabajo, los restos rescatados por Berdichewsky se enmarcan en un contexto geológico de conos de deyección considerando su ubicación y cercanía relativa al Cerro La Región (Cerro Guanaco).

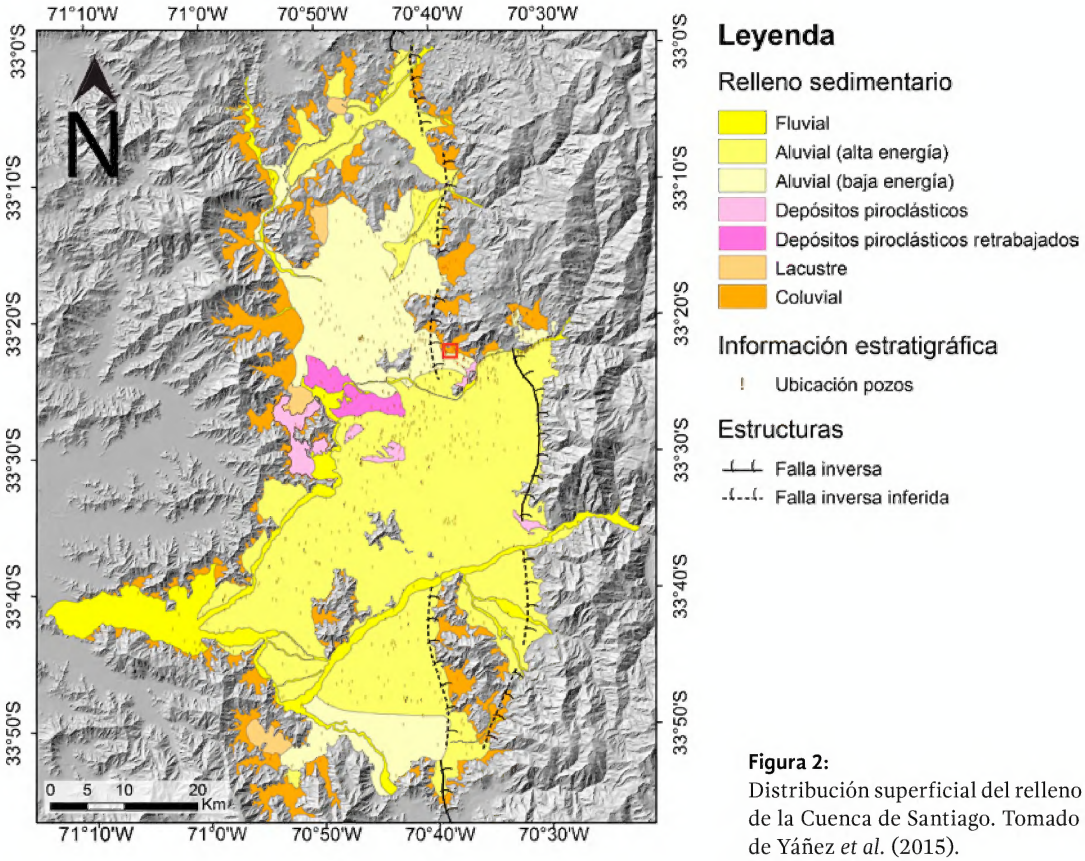


Figura 2:
Distribución superficial del relleno sedimentario de la Cuenca de Santiago. Tomado y modificado de Yáñez *et al.* (2015).

METODOLOGÍA

En el caso del espécimen de CT N°2, las muestras utilizadas para el análisis morfológico correspondieron al *Hippidion saldiasi* del sitio Betecsa 1 (Calama. Ver Alberdi *et al.* 2007), depositado en el Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama (MUHNCAL en adelante), y un fragmento de tibia distal de *Equus (Amerhippus)* sp. del sitio de Quereo (Los Vilos. Ver Núñez et al. 1994), depositado en el Museo Arqueológico de La Serena (código Qr n3-e3 77/III-MLS). Junto a estas muestras fósiles, se utilizaron especímenes actuales de *Equus ferus caballus* (caballo actual) y *Equus africanus asinus* (asno/burro) provenientes de las colecciones del Laboratorio de Zooarqueología de la Universidad de Chile (código DA-17-2/UCH). En el caso de la muestra de *Equus africanus asinus*, ésta se utilizó debido a que la cuenca de Santiago se encuentra altamente intervenida en tiempos históricos por el desarrollo urbano, y no era descartable a *priori* una situación de *palimpsesto*. Para el análisis osteométrico, los rangos métricos considerados se basaron en las nomenclaturas y normas recomendadas por la *Hipparion Conference* celebrada en Nueva York en 1981 (Eisenmann et al. 1988). Este análisis tuvo por objetivo el comparar un par de medidas de la muestra de CT N°2 con muestras fósiles con clasificaciones taxonómicas más precisas. Las medidas utilizadas fueron la **N°7** o **anchura máxima distal** y la **N°8** o **anchura antero-posterior máxima distal**. Las medidas fueron tomadas mediante *caliper* digital y son expresadas en mm. Los datos métricos del espécimen de CT N°2 se compararon además con muestras fósiles de Chile y Argentina, publicadas en distintas contribuciones especializadas. Estos datos osteométricos corresponden a *Hippidion* sp. de Tierras Blancas-Aconcagua, Chile (Alberdi y Frassinetti 2000), e *Hippidion* sp. de Barro Negro-Jujuy, Argentina (Alberdi et al. 1986).

La muestra de Pique Vivaceta fue comparada con especímenes de camélidos tanto fósiles como vivientes. En el caso de las muestras de especies actuales, se utilizó la colección de referencia de *Lama guanicoe* (guanaco) y Vicugna vicugna (vicuña) del Laboratorio de Zooarqueología de la Universidad de Chile. A estas muestras, se sumaron los restos fósiles clasificados como cf. *Palaeolama* sp. recuperados de los sitios de Los Vilos, Quereo y LV105 (López et al. 2005a, Labarca y López 2006, López 2007), y resguardas en el Museo Arqueológico de La Serena y en el Departamento de Antropología de la Universidad de Chile, y de *Lama gracilis* depositados en el Museo de La Plata, y que provienen de depósitos pleistocénicos de la Provincia de Buenos Aires. Además, se realizaron comparaciones con muestras clasificadas como cf. *Lama gracilis* del sector de Calama (Región de Antofagasta), depositados en el MUHNCAL. Para el análisis osteométrico del yacimiento Pique Vivaceta, las medidas consideradas se basaron en los estándares de von den Driesh (1999), los cuales corresponden para el caso del maléolo a **GD** (profundidad máxima), **GH** (altura máxima) y **GB** (anchura máxima). En el caso de la tibia, las medidas tomadas corresponden a **GH** (Altura máxima) y **GD** (profundidad máxima) del extremo distal. Las comparaciones métricas fueron realizadas con medidas obtenidas por Cartajena (2002) en restos de *Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*, junto a muestras de estos taxa depositados en las colecciones del Laboratorio de Zooarqueología de la Universidad de Chile.

Para el análisis sedimentológico, se elaboró en el caso del sitio CT N°2 una columna estratigráfica tipo, de la cual se extrajeron a lo largo de 3,5 m un total de 7 de muestras de sedimentos que permitieron, en conjunto a las observaciones realizadas en terreno, definir unidades y subunidades estratigráficas. Estas muestras

sedimentológicas se analizaron con el fin de identificar la distribución granulométrica, forma de las partículas y color, para la posterior clasificación de cada estrato. Para la determinación de la distribución granulométrica se analizó una fracción de 100 ml de muestra mediante tamizado en seco en el agitador manual (*Geotech Sand Shaker*). Cada muestra fue tamizada durante un periodo de 5 a 6 minutos considerando la serie de tamices detallada en la Tabla 1. Para el caso de Pique Vivaceta se analizó una columna de 1,5 m a partir de muestras de sedimentos obtenidas durante las faenas de recuperación de los fósiles.

TAMICES UTILIZADOS

Código tamiz	Diámetro apertura malla (mm)
40 OPN	1,016
20 OPN	0,508
09 OPN	0,228
024 OPN	0,061

Tabla 1: Características de los tamices utilizados en el análisis de muestras de sedimentos

El peso del contenido de sedimento retenido en cada tamiz fue calculado como porcentaje de la muestra. A partir de las clases de tamaños definidas por Wentworth (1922), se clasificó el material sedimentario según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (*USCS, Unified Soil Classification System*). Adicionalmente, para el caso de CT N°2 se analizó el material extraído de una pequeña cavidad encontrada en el hueso. Sin embargo, este sedimento (Muestra ED) sólo pudo ser clasificado basado en un análisis granulométrico realizado mediante inspección visual al microscopio estereométrico (marca Olympus, modelo SZ61) debido a la escasa cantidad de material. Por último, la forma de las partículas, que considera el grado de redondeamiento y esfericidad, se estimó a partir de la cartilla de comparación desarrollada por Powers (1953). Mientras que para la determinación del color de los sedimentos se utilizó la carta de clasificación de colores de suelo definida por Munsell (2009).

RESULTADOS

SECTOR CT N°2
Sistemática Paleontológica
Orden Perissodactyla Owen, 1848
Familia Equidae Gray, 1821
Subfamilia Equinae (Gray, 1821) Steinmann y Döderlein, 1890
Equidae, gen. et sp. indet.

Material asignado: Epífisis distal de tibia izquierda proveniente del sector CT N°2 (ver Figura 3).

Figura 3: Distintas vistas de la epífisis distal de équido recuperada del sector CT N°2.

Descripción y comparación anatómica

El espécimen corresponde a un fragmento de diáfisis y epífisis distal de tibia izquierda de un animal adulto y sexo indeterminado, el que a la altura de diáfisis presenta una fractura postdepositacional. Para este espécimen, está presente tanto el maléolo medial, además del surco para el tendón extensor lateral y las escotaduras para la articulación con el astrágalo.

En comparación a la tibia de *Hippidion saldiasi* del sitio de Betecsa-1, el espécimen de CT N°2 presenta un surco para el tendón extensor lateral muy poco excavado y prácticamente ausente, y con rugosidades menos marcadas, lo cual se asocia a zonas de inserciones musculares menos desarrolladas. En comparación con los especímenes actuales de *Equus caballus* (caballo actual), el resto fósil de CT N°2 es prácticamente indiferenciable en morfología. Las diferencias más relevantes corresponden al tamaño, por cuanto el espécimen fósil es de mayor envergadura a las muestras comparativas de *Equus caballus*, ambos machos adultos, aspecto que será discutido más adelante.

El maléolo medial, en su superficie o extremo distal, presenta una orientación más diagonal versus la orientación más horizontal observada en las muestras actuales, en el espécimen de *Equus (Amerhippus)* sp. procedente del sitio de Quereo y en el espécimen de *Hippidion saldiasi* de Betecsa-1. Esta orientación diagonal es semejante a la observada en el espécimen de *Equus africanus asinus*. A este taxa además se asocia la menor robustez de las tuberosidades asociadas al surco para el tendón extensor lateral, las cuales se encuentran más desarrolladas para *Equus caballus*. Si bien, y como se mencionó anteriormente, estas diferencias pueden deberse a la erosión tafonómica observada en ambas tuberosidades, la proyección de éstas, no reflejan un gran desarrollo.

En las escotaduras astragalianas no se observaron mayores diferencias, sobre todo en su profundidad, forma y extensión. Además, en la epífisis distal, las zonas de inserciones musculares son menos marcadas en comparación a las muestras actuales de *Equus caballus*. Se desprende de esta comparación, que el espécimen de Quilicura presenta una morfología que no permite una asignación certera al subgénero *Equus (Amerhippus)* o al género *Hippidion*.

Comparación métrica

Como se señaló anteriormente, para comparar las medidas obtenidas de la muestra de CT N°2, se tomaron datos métricos de muestras actuales como fósiles junto a la recopilación de datos disponibles en la bibliografía especializada y que son detallados en la Tabla 2.

Código-Depósito	Sitio	Localidad	Clasificación	Medida 7	Medida 8
Sin código	CT N°2	Quilicura-Región Metropolitana	Equidae	78,3	55,7

Tabla 2: Medidas de Equidae del sector CT N°2.

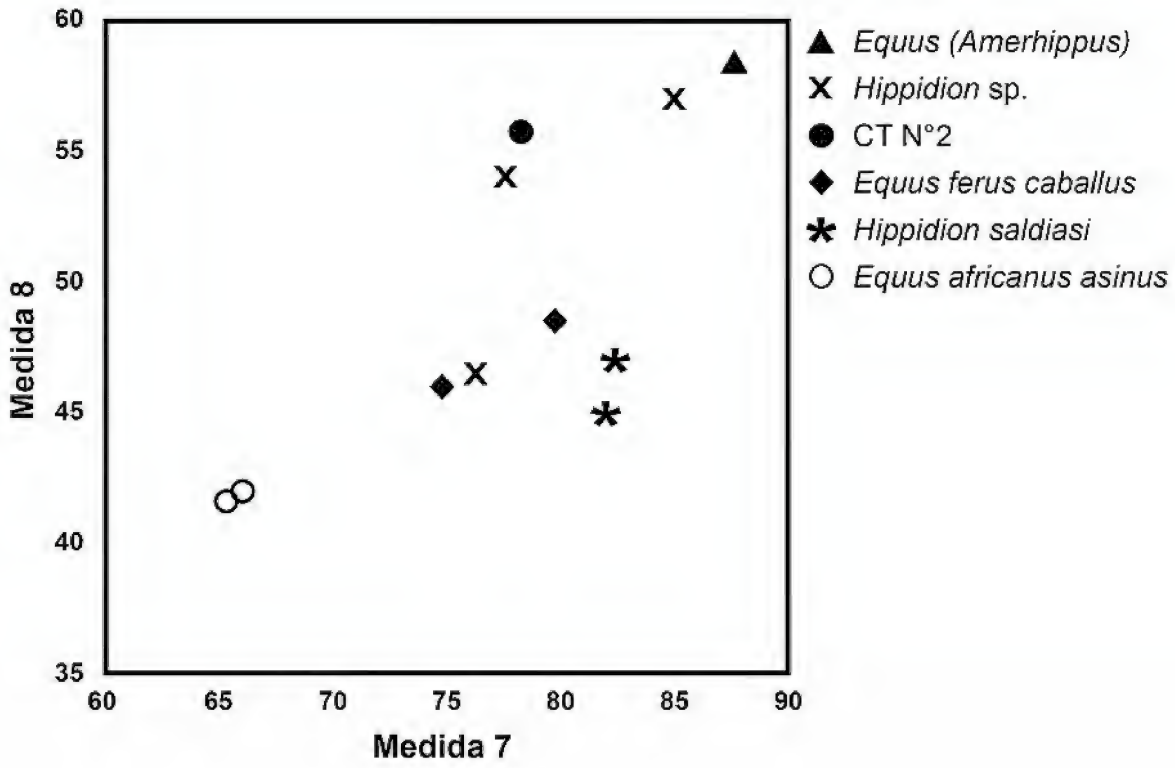


Figura 4: Dispersión de las medidas tomadas de la muestra de Equidae de CT N°2, comparadas con distintas muestras de *Hippidion saldiasi*, *Hippidion* sp., y *Equus (Amerhippus)* sp. de sitios paleontológicos de Argentina y Chile. Referencias: Alberdi *et al.* (1986, 2007), Alberdi y Frassinetti (2000).

Un acercamiento al rango de tamaño del espécimen de CT N°2 se observa en la Figura 4, en la cual se grafica la dispersión de distintas muestras de acuerdo con las medidas antes mencionadas. En el espécimen de CT N°2, la **Medida 8** se distribuye en la parte alta de la nube mientras que la **Medida 7** en la parte media a baja si no se consideran las muestras de *Equus africanus asinus* que se caracteriza por su tamaño pequeño. Esta distribución no es del todo diagnóstica en cuanto a una asignación taxonómica más específica, puesto que las medidas consideradas se asocian tanto a *Hippidion* de gran talla, como a la muestra de *Equus (Amerhippus)* de Los Vilos y que se caracteriza por su gran tamaño en relación con otras especies del subgénero. El espécimen más próximo en tamaño corresponde a la muestra de *Hippidion* sp. de la localidad de Tierras Blancas (SGO.PV.36-MNHN); sin embargo, esta relación métrica entre ambos especímenes no es diagnóstica debido a la alta diversidad de tamaños en los restos de équidos en ambos géneros.

SECTOR PIQUE VIVACETA
Sistemática Paleontológica
Superorden Cetartiodactyla Montgelard et al. 1997
Orden Artiodactyla Owen, 1848
Familia Camelidae Gray, 1821
Subfamilia Camelinae Gray, 1821
Tribu Lamini Gray, 1821
Camelidae Gray, 1821, morfotipo de gran tamaño

Material asignado: Maléolo completo y diáfisis-epífisis distal de tibia derechos provenientes del sector de Pique Vivaceta (ver Figuras 5a y 5b).

Descripción y comparación anatómica

Los especímenes corresponden a un maléolo derecho y a un fragmento de diáfisis y epífisis distal de tibia derecha, ambos de un mismo animal adulto. En el caso de la tibia, gran parte de la diáfisis se encuentra fragmentada, por lo que algunos especímenes fueron remontados en laboratorio. El maléolo lateral presenta sus superficies anteriores y posteriores erosionadas producto de la acción de los sedimentos. Esta erosión trajo consigo la pérdida parcial de la articulación para la tróclea lateral del astrágalo. A nivel morfológico, el maléolo de Pique Vivaceta no se diferencia de los especímenes de referencia de *Lama guanicoe* actuales, salvo por las diferencias de tamaño discutidas más adelante. En el fragmento de tibia están representados los distintos hitos anatómicos del extremo distal, como la hendidura sinovial, maléolo medial, superficie articular distal, superficie articular del maléolo y la cavidad articular maleolar. La comparación morfológica con especímenes de *Lama guanicoe* no arrojó demasiadas diferencias. La comparación del fósil de Pique Vivaceta con muestras actuales de Vicugna vicugna y especímenes de *Lama gracilis* también presentan una similitud morfológica general, salvo en el extremo distal del maléolo medial, el cual es más redondeado para la vicuña, y levemente redondeada en *Lama gracilis*. La comparación de la muestra con dos especímenes de tibia distal del sitio de Quereo (Los Vilos, Región de Coquimbo) y asignadas al género extinto *Palaeoalama* indican mínimas diferencias de tamaño (ver más adelante), aunque con leves variaciones en términos de forma. Estas variaciones se expresan en el caso de *Palaeolama* de la proyección del maléolo medial hacia distal, alcanzando prácticamente la altura de la superficie articular distal.

Los especímenes recuperados de Pique Vivaceta se compararon con muestras actuales como fósiles. En las Tablas 3 y 4 se detallan las muestras utilizadas para fines comparativos. Para el

caso del maléolo, éste fue comparado sólo con muestras actuales debido a la ausencia de especímenes fósiles comparativos. Las diferencias de tamaño observadas entre el espécimen de Pique Vivaceta son esperables en relación con las muestras de *Lama guanicoe*, *Vicugna vicugna* y la especie fósil de *Lama gracilis*, la cual presenta el menor tamaño de todo el conjunto (ver Figura 6a). En la actualidad el guanaco (*Lama guanicoe*) es la especie de camélido silvestre más grande. Sin embargo, hacia el Pleistoceno son diversas las especies con rangos de tamaños superiores (Menegaz y Ortíz Jaureguizar 1995, Scherer 2013). Dentro de estos taxa de gran tamaño, *Palaeolama*, *Hemiauchenia*, *Lama angustimaxila* y *Lama owenii* fueron camélidos cuyas envergaduras superan ampliamente a los guanacos actuales, agrupándose el fósil de Pique Vivaceta dentro de la talla de este género a partir de las muestras del sitio de Quereo. Una situación similar a la anterior se observa para el caso del maléolo comparado con muestras actuales de *Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*, puesto que se distancia notablemente sobre todo con la medida GD, y se ubica en un tamaño mucho mayor a la de los camélidos actuales (ver Figura 6b).

Figura 5: (a) Tibia distal de Camelidae de morfotipo de gran tamaño del sector de Pique Vivaceta; **(b)** Maléolo de Camelidae de morfotipo de gran tamaño del sector de Pique Vivaceta.

Código-Depósito	Sitio	Localidad	Clasificación	Depósito	Dd	Bd
Sin código	Pique Vivaceta	Conchalí-Región Metropolitana	Camelidae	Sin depósito	39,84	57,38

Tabla 3: Medidas de tibia distal del camélido del sector Pique Vivaceta.

En el caso de la medida GH, su cercanía en el caso de Pique Vivaceta con los rangos obtenidos para el guanaco se debe a la erosión de las superficies anteriores y posteriores en el espécimen fósil. Debido a la diversidad de géneros y especies extintas, a la aún discutida sistemática de los camélidos extintos, a lo fragmentario de la muestra y a su baja diagnosis, se han clasificado a los especímenes de Pique Vivaceta como Camelidae indeterminado de gran tamaño, el cual puede corresponder tanto a géneros como *Palaeolama, Hemiauchenia* o también a especies extintas del género *Lama.*

Código-Depósito	Sitio	Localidad	Clasificación	Depósito	GD	GH	GB
Sin código	Pique Vivaceta	Conchalí-Región Metropolitana	Camelidae	Sin depósito	30,57	22,35	16,16

Tabla 4: Medidas de maléolo del camélido del sector Pique Vivaceta.

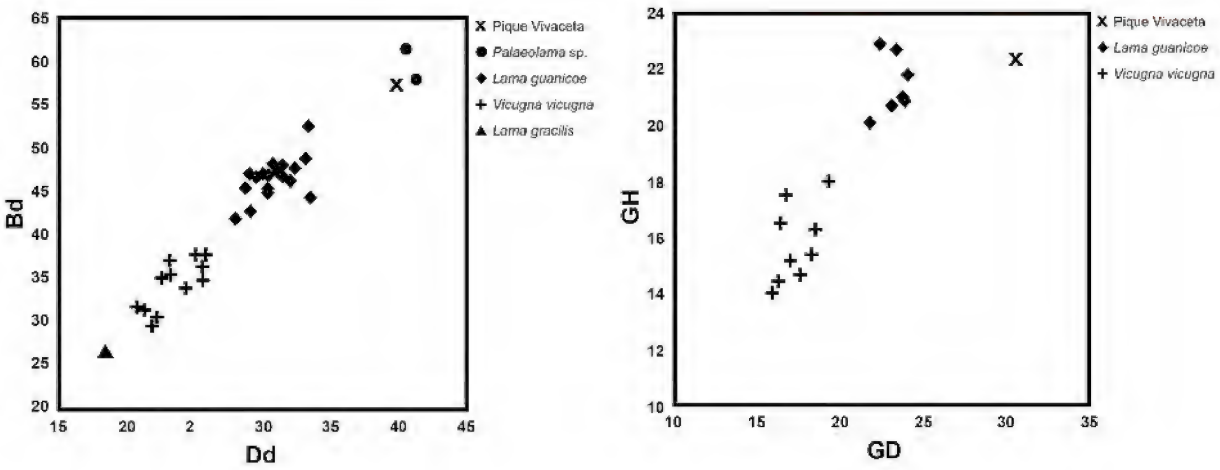


Figura 6: (a) Dispersión de las medidas tomadas (Bd y Dd) del fragmento de tibia distal de Pique Vivaceta comparadas con distintas muestras de *Lama guanicoe*, *Vicugna vicugna*, *Lama gracilis*, y *Palaeolama*. Referencias: Cartajena (2002), Cartajena *et al.* (2010); **(b)** Dispersión de las medidas tomadas (GH y GD) del maléolo de Pique Vivaceta comparadas con distintas muestras de *Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*. Referencias: Cartajena (2002), Cartajena *et al.* (2010).

CONTEXTO GEOLÓGICO - SEDIMENTOLÓGICO

Sector CT N°2

En el caso del sector CT N°2 la secuencia analizada, de alrededor de 3,5 m de espesor, está caracterizada por estratos horizontales masivos de escala centimétrica a decimétrica. Se reconocen dos unidades, una unidad basal (Unidad I) caracterizada por sedimentos relativamente más gruesos, estratificados y una unidad superior (Unidad II) conformada por sedimentos más finos de carácter masivo (Figura 7a).

El contacto entre ambas unidades corresponde a una superficie irregular interpretada como una discordancia de erosión que interrumpe la continuidad del estrato 2. Al interior de cada unidad el contacto entre las capas es nítido, horizontal y regular sin evidencias de otros eventos erosivos.

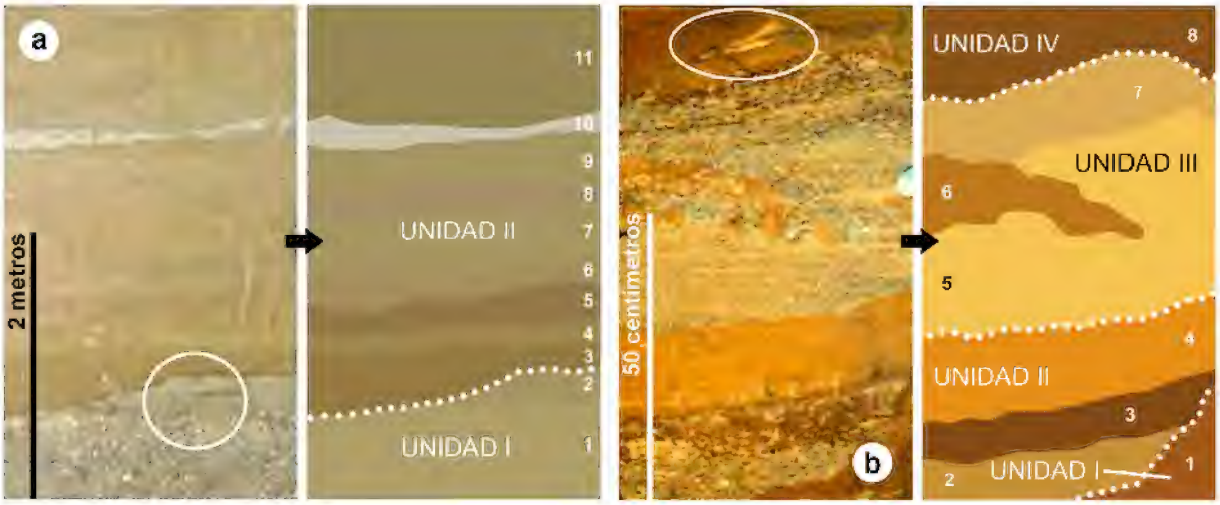


Figura 7: Columnas estratigráficas de las secuencias analizadas, incluyendo un esquema con la distribución de estratos y definición de unidades: **(a)** CT N°2 y **(b)** Pique Vivaceta.

Sedimentología de los estratos asociados al sector CT N°2

El resultado del análisis granulométrico para cada una de las muestras analizadas arrojó que la secuencia corresponde principalmente a sedimentos que varían entre arena gruesa y sedimentos finos (limo y/o arcilla), presentando una tendencia general grano-decreciente de base a techo de la secuencia. Los sedimentos del **estrato 1** (Unidad I), base de la secuencia, corresponden a arena fina a gruesa, con fragmentos de grava de tamaño centimétrico. Según el USCS estos sedimentos corresponden a arena con buena selección (SW). El color de los sedimentos es café grisáceo oscuro (HUE 2.5Y 4/2). Un análisis al microscopio reveló que la textura de los granos está caracterizada por partículas muy angulosas a subangulosas y de baja esfericidad. El **estrato 2** (Unidad I) está caracterizado por una distribución unimodal de sedimentos de

tamaño arena media con buena selección (SW) de color café (HUE 7.5 YR 4/2). La textura superficial de los granos indica que se trata de partículas altamente angulosas y de baja esfericidad. Por su parte, los sedimentos del **estrato 3** (Unidad II) corresponden a arena fina a muy fina con bajo contenido (~6%) de matriz limosa/arcillosa. Estos sedimentos corresponden a arena con buena selección (SW) de color café oliva claro (HUE 2.5 Y 5/3). La forma de los granos varía de anguloso a sub-redondeado con baja esfericidad.

La muestra perteneciente al **estrato 4** (Unidad II) corresponde principalmente a sedimentos finos (54% de limo y/o arcilla), y secundariamente a arena muy fina. La distribución granulométrica de los sedimentos de esta subunidad corresponde a limo (ML/MH) o arcilla (CL/CH) de color café oliva claro (HUE 2.5 Y 5/3). La forma de las partículas varía de angulosas a subredondeadas con esfericidad baja a moderada. La sedimentología del **estrato 5** (Unidad II) indica que el sedimento corresponde principalmente a finos (77% de limo y/o arcilla) con presencia de arena fina a muy fina. Según el USCS la muestra se clasifica como limo (ML/MH) o arcilla (CL/CH) de color café (HUE 10YR 5/3). La forma de los granos es subangulosa a subredondeada, con baja esfericidad. Los sedimentos del **estrato 6** (Unidad II) están compuestos principalmente por finos (61% de limo y/o arcilla), con un contenido secundario de arena muy fina a media. Corresponde a limo (ML/MH) o arcilla (CL/CH) de color café claro (HUE 10YR 6/3). La forma de las partículas varía de subangulosa a redondeada con baja esfericidad. Por último, los sedimentos del **estrato 7** (Unidad II) son similares a la muestra del estrato 6 y corresponden principalmente a sedimentos finos (59% de limo y/o arcilla) con contenido secundario de arena muy fina a media. Según el USCS los sedimentos del estrato 7 se clasifican como limo (ML/MH) o arcilla (CL/CH). De acuerdo con la carta de colores de Munsell (2009), los depósitos son de color café amarillento claro (HUE 2.5Y 6/3). La forma de los granos es subredondeada a redondeada y su esfericidad es baja (Powers 1953).

La muestra de sedimento asociada a una pequeña cavidad del hueso corresponde principalmente a arenas medias a muy gruesas con algunos fragmentos de grava muy fina (gránulos). El análisis reveló además que las partículas tienen formas redondeada a subangulosa, mientras que la esfericidad es moderada a baja. Es decir, estos sedimentos presentan un grado de redondeamiento y esfericidad mayor al sedimento que contenía los fragmentos óseos (Estrato 2, Unidad I). Esto sugiere que los restos óseos encontrados experimentaron cierto grado de transporte desde su área de depositación inicial.

Sector Pique Vivaceta

El perfil analizado, de alrededor de 80 cm de espesor, se caracteriza por su complejidad y la gran variabilidad observada en sus componentes. En general, consiste en una secuencia compuesta de estratos subhorizontales de escala centimétrica a decimétrica. De acuerdo con los cambios tanto de color como texturales observados en datos obtenidos en terreno fue posible definir 8 subunidades, las cuales fueron agrupadas en 4 unidades mayores (ver Figura 7b). La **Unidad I** (base de la secuencia), está compuesta de un estrato de alrededor de 20 cm de potencia máxima **(estrato 1)**. Granulométricamente está caracterizado por sedimentos relativamente finos, de carácter masivo y de color café (7.5YR 4/4). El techo de esta capa corresponde a una superficie irregular interpretada como una discordancia de erosión, implicando un hiato en la depositación de esta

unidad y la unidad suprayacente (Unidad II). La **Unidad II** corresponde a una secuencia de tres estratos masivos **(estratos 2, 3 y 4)**, con disposición subhorizontal, de entre 10 y 20 cm de potencia. Los límites entre capas son nítidos y regulares, sin evidencias de erosión. La granulometría de las capas muestra una tendencia granodecreciente hacia el techo de la unidad con sedimentos de tamaños arena y grava en la base a sedimentos finos en la porción superior. Además de variaciones en el tamaño de grano, los estratos que componen esta unidad presentan variaciones importantes de color. Los colores de los estratos 2, 3 y 4 son amarillo pardusco (10YR 6/8), café oscuro (7.5YR 4/6) y amarillo rojizo (7.5YR 6/8), respectivamente.

Por su parte, la **Unidad III** está compuesta de tres capas **(estratos 5, 6 y 7)** de sedimentos de algunos a varios centímetros de espesor, que presentan estratificación horizontal. Los sedimentos que componen estos estratos son relativamente gruesos, de tamaño estimado arena a grava media o guijarros, según la clasificación de Wentworth (1922). En esta unidad los estratos 5 y 7 se presentan sub-horizontales, a diferencia del estrato 6 que aparece como una cuña cuya potencia disminuye hacia el sur. El contacto entre los estratos es nítido y aproximadamente regular, excepto con el estrato 6 que a pesar de ser nítido es altamente irregular. Los estratos de la Unidad III presentan color amarillo (10YR 7/6), amarillo rojizo (7.5YR 6/8) y amarillo (10YR 7/6). Por último, la **Unidad IV**, situada en el techo de la secuencia, está compuesta de un estrato masivo **(estrato 8)** de color café fuerte (7.5YR 4/6) y una potencia mínima de alrededor de 10 cm. Esta capa corresponde al sedimento asociado a los restos fósiles. El tamaño de grano de estos sedimentos es relativamente más fino que los de la unidad subyacente (Unidad III) con la cual presenta un contacto nítido y aproximadamente subhorizontal.

Los depósitos del **estrato 8** (Unidad IV) y asociados directamente a la muestra fósil de Pique Vivaceta, techo de la secuencia anteriormente descrita, corresponden principalmente a sedimentos finos con tamaños que van de arena fina a limo y/o arcilla (54%) con contenido secundario de arena media (37%) y arena muy gruesa (9%). Estos sedimentos se clasifican como arena limosa (SM) a arena arcillosa (SC). La textura de los granos está caracterizada por partículas generalmente subangulosas a redondeadas y de esfericidad moderada, con un aumento de la esfericidad observado en las partículas de mayor tamaño.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como se señaló anteriormente, el registro de fauna pleistocénica en la cuenca de Santiago, si bien no es escaso, corresponde a hallazgos en su mayoría fortuitos, aunque la falta de datos cronológicos y estratigráficos no permiten una correlación clara entre cada yacimiento (Frassinetti y Alberdi 2000). Para el caso del hallazgo de CT N°2 y Pique Vivaceta, las evidencias paleontológicas más cercanas corresponden a las descritas por Bernardo Berdichewsky a fines de la década de los 60 (Berdichewsky 1969-1970). Estos hallazgos fueron realizados en la antigua fábrica de Ladrillos Princesa entre las coordenadas 33°22´ latitud S y 70°39´ longitud O, en la actual comuna de Conchalí. El hallazgo fue realizado en los faldeos del cerro *La Región* también llamado *Guanaco* en el antiguo fundo *Guanaco Alto*. Este fósil se recolectó a 6 m por debajo de la cota original del terreno en un viejo cono de deyección, en antiguas capas de acarreo, constituidas por areniscas finas atravesadas por capas arcillosas de sedimentos fluviales y coluviales asignadas al último interglacial durante el Pleistoceno (Berdichewsky 1969-1970). El análisis de los restos, realizado por Rodolfo Casamiquela, indicó la presencia de dos individuos, uno juvenil

y otro adulto asignados a *Scelidodon* cf. *chilense* dentro de una edad geológica "suprapleistocénica" que puede ir de los 20.000 a 30.000 años AP (Casamiquela 1967). De este mismo yacimiento, proviene un resto de mandíbula asignado por Casamiquela (1969) como *Equus* sp. (sic) y depositado actualmente en el Museo Nacional de Historia Natural de Santiago con el código SGO.PY.38 y clasificado posteriormente como cf. *Equus (Amerhippus)* sp. por Frassinetti y Alberdi (2001). Además, Casamiquela (1999) menciona para este sitio la presencia de *Megatherium* sp. Otros hallazgos cercanos corresponden a los de Colina (en un área indeterminada), los cuales corresponden a dientes superiores, un fragmento de cráneo y restos de vértebras asignados cf. *Equus (Amerhippus)* sp. (Alberdi y Frassinetti 2000, Frassinetti y Alberdi 2001).

Un rasgo tafonómico interesante para el espécimen de CT N°2 es la presencia de rastros atribuibles a la acción de carnívoros en la tuberosidad asociada al maléolo medial. Dichos rastros se relacionan a una puntura o perforación producida por el canino de un carnívoro y una erosión atribuible al mismo agente en la tuberosidad. El tamaño de esta puntura es de 6,5 mm de ancho y 8,45 mm de largo con una morfología oval, lo que se asocia a un depredador de un tamaño atribuible a un felino (Haynes 1983a, 1983b, Borrero y Martin 1996, Montalvo et al. 2007, Martin 2013, Borrero et al. 2018). Estudios actualísticos a partir de carcasas consumidas por pumas, indican tamaños que bordean los 3 a 5 mm (Nasti 2000), 5 mm (Kaufmann 2009) y de 4,2 mm en promedio (Martin y Borrero 1997), con una alta proporción de punturas aisladas (Borrero et al. 2018), por lo que el agente depredador en CT N°2 supera el tamaño de los pumas actuales.

En cuanto al contexto cronoestratigráfico de estos hallazgos, la información sedimentológica y contextual permite inferir una cronología pleistocénica, aunque no dentro de una cronología más específica. Al respecto, el registro más antiguo de camélido en América del Sur corresponde a los hallazgos de *Hemiauchenia* en depósitos del Plioceno tardío de la actual Provincia de Buenos Aires en Argentina y con un límite Pleistoceno tardío para las formas extintas como *Palaeolama* y *Hemiauchenia* (Gasparini et al. 2017). En el caso de los équidos, el registro más antiguo de Equus en América del Sur se encuentra en Tarija en Bolivia en depósitos datados para el Pleistoceno Medio (MacFadden 2013), mientras que para *Hippidion* el registro más temprano proviene de Uquía en el norte de Argentina con una antigüedad del Plioceno tardío, siendo la fecha de extinción para las especies de ambos géneros la transición Pleistoceno-Holoceno (Alberdi y Prado 2004). Para el caso chileno, los registros tanto de camélidos como équidos extintos provienen mayoritariamente de depósitos del Pleistoceno tardío (Alberdi y Frassinetti 2000, López et al. 2005b, Labarca et al. 2013), por lo que es esperable una antigüedad similar para los registros de CT N°2 y Pique Vivaceta.

BIBLIOGRAFÍA

Alberdi, M.T. y D. Frassinetti. 2000. Presencia de Hippidon y Equus (Amerhippus) (Mammalia, Perissodactyla) y su distribución en el Pleistoceno Superior de Chile. Estudios Geológicos 56: 279-290.

Alberdi, M.T. y J.L. Prado. 2004. Caballos fósiles de América del Sur. Una historia de tres millones de años. Investigaciones arqueológicas y paleontológicas del Cuaternario Pampeano (INCUAPA), Olavarría.

Alberdi, M.T., J. Fernández, A. Menegaz y J.L. Prado. 1986. Hippidion Owen 1869 (Mammalia, Perissodactyla) en sedimentos del Pleistoceno tardío de la localidad Barro Negro (Jujuy, Argentina). Estudios Geológicos 42: 487-493.

Alberdi, M. T., J.L. Prado, P. López, R. Labarca e I. Martínez. 2007. Hippidion saldiasi Roth, 1899 (Mammalia, Perissodactyla) en el Pleistoceno tardío de Calama, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 80: 157-171.

Araneda, M., M. Avendaño y C. Merlo. 2000. Modelo gravimétrico de la Cuenca de Santiago, etapa III final. En Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 2: 404-408. Puerto Varas.

Berdichewsky, B. 1969-1970. El megaterio de Conchalí: hallazgo de un desdentado fósil en la comuna de Conchalí en Santiago. Boletín de Prehistoria 2 (2-3): 101-115.

Borrero, L. y F. Martin. 1996. Tafonomía de carnívoros: un enfoque regional. En Arqueología Solo Patagonia. Segundas Jornadas de Arqueología de la Patagonia, editado por Julieta Gómez Otero, pp: 189-198. Centro Nacional Patagónico, Buenos Aires.

Borrero, L., F. Martin y F. Prevosit. 2018. Taphonomy and the role of pumas (Puma concolor) in the formation of the archaeological record. Quaternary International 466: 157-164.

Casamiquela, R. 1967. Nota sobre los restos de desdentados fósiles (Mylodontidae, Scelidotheriinae) de Conchalí, Suburbios de Santiago. Revista Universitaria 52: 127-135.

Casamiquela, R. 1969. Enumeración crítica de los mamíferos continentales pleistocenos de Chile. Rehue 2: 143-172.

Casamiquela, R. 1999. The Pleistocene vertebrate record of Chile. Quaternary of South America & Antarctic Peninsula 7: 91-107.

Cartajena, I. 2002. Los conjuntos arqueofaunísticos del Arcaico Temprano en la Puna de Atacama, Norte de Chile. Tesis Doctoral. Freie Universität Berlin. ABESY Vertriebs GMBH, Alemania (Impreso en microfilm 003).

Driesch, A. Von Den. 1999. A guide to measurement of animal bones from archaeological sites. Peabody Museum Bulletins 1. Harvard University, Cambridge.

Eisenmann, V., M.T. Alberdi, C. de Giuli y U. Staeshel. 1988. Studying fossil horses. E.J. Brill, Leiden.

Fernández, J. 2001. Estudio geológico-ambiental para la planificación territorial del sector Tiltil–Santiago. Memoria de título, Universidad de Chile.

Frassinetti, D. 1982. Bibliografía escogida y comentada sobre mamíferos fósiles de Chile. Publicación Ocasional del Museo Nacio¬nal de Historia Natural 37: 3-24.

Frassinetti, D., y M.T. Alberdi. 2000. Revisión y estudio de los restos fósiles de mastodontes de Chile. (Gomphoteriidae): Cuvieronius hyo-

don, Pleistoceno Superior. Estudios Geológicos 56: 197-208.

Frassinetti, D. y M.T. Alberdi. 2001. Los macromamíferos continentales del Pleistoceno superior de Chile: reseña histórica, localidades, restos fósiles, especies y dataciones conocidas. Estudios Geológicos 57: 53-69.

Fuenzalida, V. 1936. Noticia sobre los fósiles encontrados en la Hacienda Chacabuco, en abril de 1929. Revista Chilena de Historia Natural 40: 96-99.

Gálvez, C. 2012. Microzonificación sísmica en los sectores de Lampa y Batuco, Región Metropolitana, Chile. Tesis de Magister, Universidad de Chile.

Gasparini, M, M. De Los Reyes, A. Francia, C. Scherer y D. Poire. 2017. The oldest record of Hemiauchenia Gervais and Ameghino (Mammalia, Cetartiodactyla) in South America: Comments about its paleobiogeographic and stratigraphic implications. Geobios 50(2): 141-153.

Haynes, G. 1983a. A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsable for gnaw damage to herbivore limb bones. Paleobiology 9 (2): 164-172.

Haynes, G. 1983b. Frequencies of spiral and green bone fractures on ungulate limb bones in modern surface assemblages. American Antiquity 48: 102-114.

Kaufmann, C. 2009. Estructura de edad y sexo en guanaco. Estudios actualísticos y arqueológicos en Pampa y Patagonia. Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.

Labarca, R., M. Pino y O. Recabarren. 2013. Los Lamini (Cetartiodactyla: Camelidae) extintos del yacimiento de Pilauco (Norpatagonia chilena): aspectos taxonómicos y tafonómicos preliminares. Estudios Geológicos 67:10.3989/egeol.11672.

Labarca, R. 2015 La meso y megafauna terrestre extinta del Pleistoceno de Chile. En Vertebrados fósiles de Chile. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural. 63, editado por D. Rubilar-Rogers, R. Otero, A. Vargas y M. Sallaberry, pp: 401-465. Museo de Historia Natural de Chile, Santiago.

Leyton, F., S. Sepúlveda, M. Astroza, S. Rebolledo, L. González, S. Ruiz, C. Foncea, M. Herrera y J. Lavados. 2010. Zonificación Sísmica de la cuenca de Santiago, Chile. En Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica, No. 10, Universidad de Chile: 22-27. Santiago.

López, P. 2007. Tafonomía de los mamíferos extintos del pleistoceno tardío de la costa meridional del semiárido de Chile (IV Región-32° Latitud S). Alcances culturales y paleoecológicos. Chungara 39(1): 69-86.

López, P., I. Martínez, R. Labarca y D. Jackson. 2005a. Registro de Hippidion, Canidae, Camelidae y Edentata en el Sector de Ojo de Opache, Calama, II Región. Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural 356: 22-26.

López, P., D. Jackson y D. Jackson. 2005b. El género Palaeolama P. Gervais, 1867 (Artiodactyla, Camelidae): una evaluación taxonómica regional en el extremo meridional del semiárido de Chile (IV Región). Boletín de Museo Nacional de Historia Natural 54: 129-140.

MacFadden, B. 2013. Dispersal of Pleistocene Equus (Family Equidae) into South America and Calibration of GABI 3 Based on Evidence from

Tarija, Bolivia. PlosOne 8(3): e59277. https://doi. org/10.1371/journal.pone.0059277

Martin, F. y L. Borrero. 1997. A puma lair in southern Patagonia: implications for the archaeological record. Current Anthropology 38 (3): 453-461.

Martin, F. 2013. Tafonomía de la Transición Pleistoceno- Holoceno en Fuego- Patagonia. Interacción entre humanos y carnívoros y su importancia como agentes en la formación del registro fósil. Ediciones de la Universidad de Magallanes, Punta Arenas.

Menegaz A. y E. Ortiz Jaureguizar. 1995. Los artiodáctilos. En Evolución biológica y climática pampeana durante los últimos cinco millones de años. Editado por M. T. Alberdi, G. Leone y E. Tonni, pp.: 311-337. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

Montalvo, C., M. Pessino y V. González. 2007. Taphonomic analysis of remains of mammals eaten by pumas (Puma concolor, Carnivora, Felidae) in central Argentina. Journal of Archaeological Science 34: 2151-2160.

Morales, F. 2002. Definición de Acuíferos en la cuenca del río Maipo. Tesis de Magister, Universidad de Chile: 113 p.

Munsell Color. 2009. Munsell Soil-Color Charts, Munsell Color, Grand Rapids.

Nasti, A. 2000. Modification of vicuña carcasses in high-altitude deserts. Current Anthropology 41: 279-283.

Powers, M. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. Journal of Sedimentary Petrology 23: 117-119.

Scherer, C. 2013. The Camelidae (Mammalia, Artiodactyla) from the Quaternary of South America: cladistic and biogeographic hypotheses. Journal of Mammalian Evolution 12: 1–14.

Tamayo, M. y D. Frassinetti. 1980. Catálogo de los mamíferos fósiles y vivientes de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile 37: 323-405.

Wall, R., D. Sellés y P. Gana. 1999. Área Tiltil-Santiago, Región Metropolitana, Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas Geológicos N°11.

Wentworth, C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology 30: 377–392.

Yáñez, G., M. Muñoz, V. Flores-Aqueveque y A. Bosch. 2015. Depth to basement, solid geology and soil characterization in Santiago Basin, Chile: implications for hydrogeology, low enthalpy geothermal, geotechnical and geo-hazards. Andean Geology 42(2): 147-172.

Ecología y Medio Ambiente

Dibujo naturalista *Codegualo tetra* sp., creado para ser parte de los fascículos coleccionables de la revista *Expedición a Chile* publicada por la Editora Nacional Gabriela Mistral, creada con el objetivo de dar a conocer el patrimonio natural y cultural de Chile.

Este dibujo es parte de un conjunto de 35 obras que se encuentran en comodato en el Museo de Historia Natural de Valparaíso, siendo resguardadas por la Biblioteca Científica John Juger. N° de registro LP050-30, colección de arte, fotografía y grabado, Biblioteca científica MHNV.

ANALES
DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 33, 2020
Ecología y
Medio Ambiente

Potencial uso y aplicaciones del ADN ambiental en humedales: una novedosa aproximación al estudio de la biodiversidad íctica en Chile

Lenka Kurte Palma*
Francisco Llanquín-Rosas**
Claudio Quezada-Romegialli***

RESUMEN

Chile en el continente Sudamericano está caracterizado por presentar una variedad de ecosistemas acuáticos que han sido moldeados de acuerdo a los patrones bioclimáticos y biogeográficos imperantes, en la que se ha desarrollado una fauna única y altamente endémica. En este contexto, y considerando los compromisos ambientales y de conservación de especies y ecosistemas del Estado de Chile, realizamos una revisión del potencial uso y aplicaciones del ADN ambiental en humedales como una técnica complementaria para estudios de biodiversidad en Chile y planteamos una serie de hipótesis que son útiles para comprender la ecología del ADN ambiental en Chile. Además, realizamos una prueba experimental del efecto de diferentes métodos de extracción de ADN ambiental y evaluamos el éxito de amplificación en dos humedales de la Ecorregión de Lagos Valdivianos. Encontramos que existen diferencias en la concentración de ADN entre los métodos, pero que están asociadas al método de cuantificación (fluorimétrica vs espectrométrica). Sin embargo, el éxito de amplificación puede depender del método de

* Biotecnóloga, Mg(c) en Cs. m. Biodiversidad y Conservación, Laboratorio de Limnoecología, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso & Núcleo Milenio INVASAL, Concepción. lenkakurte@gmail.com

** Biólogo Ambiental, Mg(c) en Cs. Biológicas, Laboratorio de Limnoecología, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso & Núcleo Milenio INVASAL, Concepción. francisco.llanquin@ug.uchile.cl

*** Ingeniero Ambiental, Dr. en Cs. m. Ecología y Biología Evolutiva, Laboratorio de Limnoecología, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso; Núcleo Milenio INVASAL, Concepción; AquaGenetix, Valparaíso. claudio.quezada@upla.cl

extracción de ADN ambiental. Finalmente, concluimos que el uso del ADN ambiental es una alternativa atractiva y factible de ser utilizada en complemento a las metodologías tradicionales de muestreo.

Palabras claves: ecosistemas acuáticos, peces, eDNA, análisis molecular.

ABSTRACT

In South America, Chile is characterized by presenting a variety of aquatic ecosystems than have been shaped according to the prevailing bioclimatic and biogeographic patterns, in which a unique and highly endemic fauna has developed. In this context, and considering the environmental and conservation commitments of species and ecosystems of the State of Chile, we carry out a review of the potential use and applications of environmental DNA in wetlands as a complementary technique for biodiversity studies in Chile and we propose a series of hypotheses that are useful for understand the ecology of environmental DNA in Chile. Furthermore, we conducted an experimental test of the effect of different environmental DNA extraction methods and evaluated the amplification success in two wetlands of the Valdivian Lakes Ecoregion. We found that there are differences in DNA concentration between the methods, but that they are associated with the quantification method (fluorimetric vs. spectrometric). However, the success of amplification may depend on the environmental DNA extraction method. Finally, we conclude that the use of environmental DNA is an attractive and feasible alternative to be used in addition to traditional sampling methodologies.

Keywords: aquatic ecosystems, fish, eDNA, molecular analysis.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos continentales se caracterizan por tener una heterogénea productividad en el perfil longitudinal y por ofrecer una variedad de tipos de hábitats que permiten el desarrollo de un gran número de especies (Vila, et al. 2006), de forma tal que sostienen una alta riqueza y biodiversidad. Estos ecosistemas, o humedales según la definición propuesta por la Convención de Ramsar (2013), son de vital importancia debido a que mantienen procesos ecológicos claves en el que las especies interactúan y las comunidades fluctúan y evolucionan en el espacio y tiempo (Elosegi y Sabater, 2009). La extensa franja continental que Chile presenta en Sudamérica le confiere una amplia diversidad bioclimática, con variados paisajes, ecosistemas y ambientes acuáticos que se distribuyen a lo largo de un marcado gradiente latitudinal distribuyendose en cinco ecorregiones que coinciden con los patrones climáticos y geográficos (Figura 1) (Abell, et al. 2008; Luebert y Pliscoff, 2017).

Características de las aguas continentales en Chile

En Chile existen más de 20 tipos de humedales (Gligo, 2016; MMA, 2019), influenciados por el aislamiento biogeográfico y las barreras naturales del Océano Pacífico y la Cordillera de Los Andes, incluyendo ríos, planicies de inundación, lagos, lagunas, bofedales, hualves, turberas, estuarios y áreas costeras marinas, con una importante diversidad biológica y genética, con un alto y marcado endemismo (Vila y Quezada-Romegialli, 2018). En el extremo norte, la zona Altiplánica presenta cuencas endorreicas con humedales principalmente de tipo bofedal, lagunas, ríos intermitentes y salares. Hacia la zona central (entre los 27° y 31° Latitud Sur),

las condiciones climáticas y geográficas cambian, las cuencas son de carácter exorreico (desembocan en el mar), aparecen sistemas acuáticos de valles transversales y cuerpos de aguas temporales. A partir de los 31° LS las precipitaciones y la densidad de humedales aumentan, se observan ríos de mayores caudales, y paulatinamente los paisajes incluyen fiordos, hualves, grandes lagos, marismas y turberas. Por último, en la zona sur-austral se registran las mayores precipitaciones del país, concentrándose a su vez la mayoría de los recursos hídricos, destacan lagos de gran envergadura y ríos medianamente extensos que alimentan una gran cantidad de fiordos y canales (Figueroa, 2018; Reid, et al. 2019).

Esta heterogeneidad de ambientes únicos en el mundo configura un escenario ideal para el desarrollo de una biodiversidad característica, en la que han evolucionado alrededor de 31.099 especies nativas considerando mamíferos, aves, peces e invertebrados (MMA, 2016). En particular, se han descrito 1.226 especies de peces marinos y alrededor de 48 especies de peces continentales y estuarinos (Vila y Quezada-Romegialli, 2018; Habit, et al. 2019).

Ante este escenario, el estudio de la diversidad genética (biodiversidad a nivel intraespecífico) comenzó a tomar mayor relevancia ecológica a partir del año 2000, actualmente los peces y anfibios son los grupos mejor estudiados (Habit, et al. 2019). Sin embargo, pese al aumento de los trabajos realizados en diversidad genética en los últimos años, la información total disponible sigue siendo insuficiente, ya que no logra cuantificar de forma apropiada la diversidad intraespecífica de la biota presente en Chile (MMA, 2018), especialmente los peces de aguas continentales (Vila y Quezada-Romegialli, 2018).

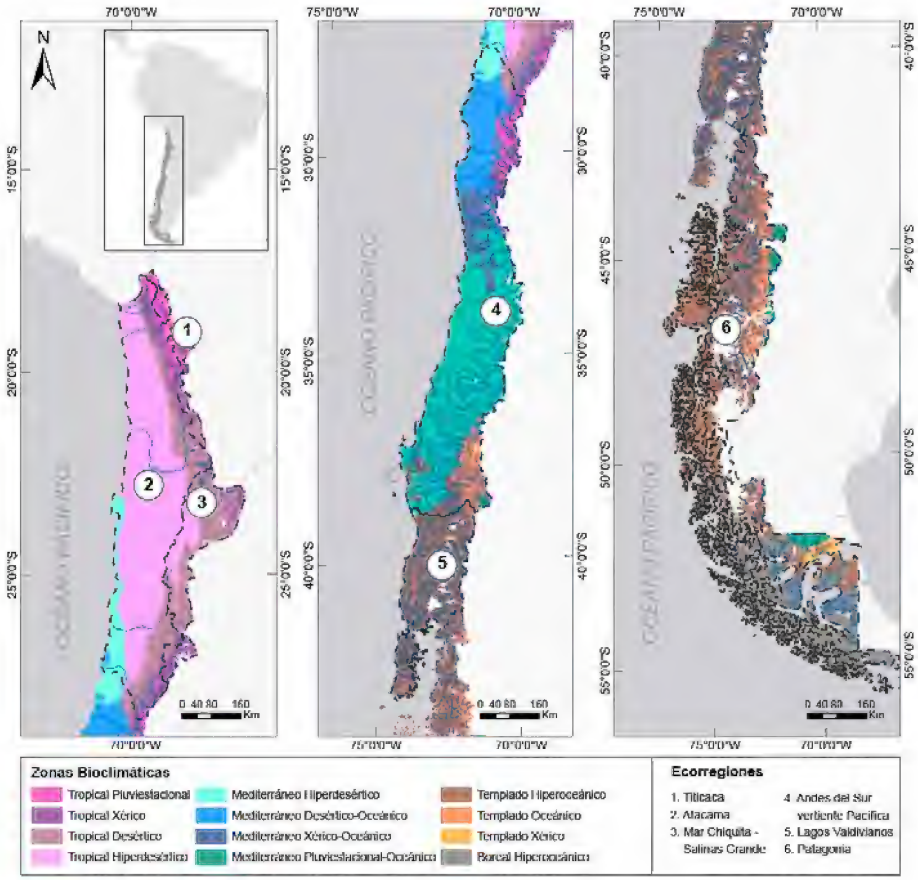


Figura 1:
Ecorregiones biogeográficas de Chile de acuerdo a Abell, et al. (2008), considerando los patrones bioclimáticos de Luebert y Pliscoff (2017).

Compromisos ambientales y estado de conservación de las especies en Chile

1) Compromisos

En la cumbre de la Tierra por las Naciones Unidas de Río de Janeiro en 1992, se reconoció la necesidad mundial de conciliar la preservación y conservación futura de la biodiversidad, a través del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) que Chile oficializó en 1995. Luego en el año 2003, Chile estableció un plan estratégico 2011-2020 y desafíos para la conservación de la biodiversidad con el fin de lograr los objetivos comprometidos en el CBD, planteando cinco líneas estratégicas: 1) Promover el uso sostenible de la diversidad biológica; 2) incrementar la conciencia, participación, información y conocimiento sobre la biodiversidad; 3) establecer instituciones sólidas, buena gobernanza y distribución equitativa de los beneficios derivados de la diversidad biológica; 4) incluir objetivos de la biodiversidad en políticas, planes y programas del sector público y privado; y 5) proteger y restaurar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos; dividiendo el plan en cinco áreas temáticas (conservación de la biodiversidad de las islas marinas y oceánicas, manejo de las especies exóticas invasoras, conservación de especies autóctonas, áreas protegidas, y conservación y uso racional de humedales (Jorquera-Jaramillo, et al. 2012; Gligo, 2016).

Sin embargo, el quinto informe de evaluación del avance en el cumplimiento de la CBD (MMA, 2014), concluye que el 85% de las 20 metas para la preservación y conservación de la biodiversidad, establecidas en el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, poseen cumplimiento de grado bajo y medio-bajo, y ninguna meta ha sido cumplida con un nivel alto (Gligo, 2016; 2019). Adicionalmente, el último informe, no presenta resultados alentadores, en donde metas tales como la incorporación de elementos para la reducción de los impactos sobre la biodiversidad y establecimiento de criterios para la conservación; monitoreo, seguimiento, evaluación y reporte de la salud de la biodiversidad en todos sus niveles, y un avance hacia la regulación que resguarde los recursos genéticos nativos, siguen presentando avances insuficientes o sin cambios. (MMA, 2016; 2019).

2) Conservación y biodiversidad

No se puede proteger lo que no se conoce, por lo tanto, los problemas de la descripción de la biodiversidad juegan un rol importante al momento de tomar decisiones sobre conservación. Estas dificultades están ligadas principalmente a la identificación de individuos en sus primeros estadios de desarrollo (Peredo-Parada, et al. 2009), y la identificación de especies crípticas, aquellas raras o difíciles de capturar que muchas veces requieren de taxónomos expertos y/o esfuerzos de muestreo rigurosos y constantes, haciendo que las evaluaciones ambientales a gran escala sean costosas, lentas y poco representativas, sin contar con los posibles peligros que se puede someter el investigador y los daños que se pueden generar a los individuos o ecosistemas en estudio (Bista, et al. 2017; Cristecu y Hebert, 2018; Adams, et al. 2019). Por otro lado, es importante conservar la biodiversidad en todos sus niveles jerárquicos, esto es a nivel de paisaje, ecosistemas, comunidades, especies y poblaciones, y genes. En particular, la diversidad genética es un factor determinante para estimar la biodiversidad en humedales, ya que nos permite comprender de mejor forma las interacciones entre especies y su ambiente como herramienta para preservar la diversidad biológica, y evaluar el estado de los sistemas de agua dulces, monitoreando posibles factores de estrés que pueden conllevar a una pérdida de

biodiversidad (Habit, et al. 2019). Las principales razones que afectan la diversidad del país, y específicamente que atañen a la ictiofauna, se encuentran la fragmentación y alteración de ecosistemas terrestres que lleva consigo a aumentos en la contaminación acuática, sobreexplotación del recurso hídrico por uso industrial, ganadero y humano, el cambio climático y la introducción de especies invasoras (Butchart, et al. 2010; Caley, et al. 2014; Johnson, et al. 2017; Habit, et al. 2019), que potenciados con una débil gestión sobre la diversidad biológica, deja en evidencia un importante déficit en la aplicación de políticas públicas, escasez de fondos disponibles, limitada información e insuficiente preocupación por el medio ambiente por parte de las entidades correspondientes (Pérez-Quezada y Rodrigo, 2018). Además, una aparente insuficiencia en el diagnóstico temprano sobre el estado del medio ambiente, pone en peligro los ecosistemas únicos en el mundo que nuestro país posee. Para detener la pérdida de especies y/o hacer seguimiento a especies que se encuentren en alguna categoría de conservación, resulta necesaria la aplicación de métodos novedosos, más robustos, confiables y económicos, que complementen las técnicas tradicionales para la descripción de la fauna que habita en los humedales. Dentro de este contexto, en el presente trabajo realizamos una revisión del potencial uso y aplicaciones del ADN ambiental en humedales como una técnica complementaria para estudios de biodiversidad íctica en Chile. Adicionalmente, realizamos una prueba experimental del efecto de diferentes métodos de extracción de ADN ambiental y el éxito de amplificación en dos humedales con alta presencia de inhibidores en la Ecorregión de Lagos Valdivianos, como primer paso para el uso del ADN ambiental en estudios de monitoreo ambiental pilotos.

Uso y obtención del ADN ambiental

La utilización del material genético proveniente de células cutáneas, orina, heces, saliva o cualquier secreción o tejido corporal, incluso cadáveres, que los individuos desprenden al ambiente (i.e. ADN ambiental, eDNA por sus siglas en inglés environmental DNA), puede adherirse o ser depositado en el sedimento, zona inferior o lateral en humedales, o bien permanecer o ser transportado en la columna de agua (Barnes y Turner, 2016; Elbrecht y Leese, 2017; Adams, et al. 2019). Así, el uso del eDNA se ha establecido como una alternativa complementaria a las técnicas de monitoreo tradicionales, suministrando información rápida y a gran escala sobre la genética, minimizando así el estrés en animales silvestres, soslayando la escasez de taxónomos especializados (Cristecu y Hebert, 2018; Adams, et al. 2019). La captura del eDNA se puede realizar a través de diferentes metodologías como, por ejemplo, filtración de agua, concentración de ADN proveniente de distintas matrices o extracción de ADN desde muestras de sedimento (Cristecu y Herbert, 2018), basándose principalmente en la detección de fragmentos cortos de ADN, preferentemente de ADN mitocondrial (ADNmt), debido a su gran número de copias, el que actúa como un marcador molecular único (Rees, et al. 2014).

1) Técnicas de estudio, análisis y aplicaciones del eDNA

El avance, accesibilidad y sensibilidad de las tecnologías moleculares para los análisis del ADN han abierto nuevas aristas en diferentes técnicas que pueden ser utilizadas para monitoreos ecosistémicos usando eDNA (Cristecu y Hebert, 2018; Harper, et al. 2018). Es así como en estudios de genética de poblaciones y diversidad genética, los análisis de PCR-RFLP (por sus

siglas en inglés, restriction fragment length polymorphism PCR) son ampliamente usados ya que permite la detección de polimorfismos en las secuencias del ADN a través de la utilización de enzimas de restricción, resultando en una alternativa económica y altamente sensible, sin embargo, no tan precisa (Clusa, et al. 2017; Igawa, et al. 2019). Por otro lado, los análisis de metabarcoding (en español literalmente meta-barcódigo o "meta código de barras genético") se refieren a la detección simultánea de múltiples especies dentro de una comunidad, a través de la amplificación de secuencias de ADNmt por PCR (por sus sigla en inglés polymerase chain reaction) con partidores grupo-específicos, entregándonos información más precisa sobre la riqueza de un taxa en específico (Bálint, et al. 2018; Nester, et al. 2020). Por otro lado, a través del eDNA, podemos obtener una estimación directa de la cantidad absoluta de un gen en una muestra ambiental, y por lo tanto, una estimación indirecta de la abundancia o biomasa de una especie en el sitio de estudio (Itakura, et al. 2019). Los análisis de qPCR (reacciones en cadena de la polimerasa cuantitativo o en tiempo real, qPCR por sus siglas en inglés quantitative PCR) nos entrega información sobre la presencia/ausencia de un trozo de un gen especie-específico, el que además cuantifica su número de copias en tiempo real en una muestra de eDNA (Harper, et al. 2018; Itakura, et al. 2019). A pesar de estos importantes avances, en los últimos años se ha desarrollado la técnica de ddPCR (por sus siglas en inglés droplet-digital PCR), siendo aún más sensible que el qPCR, que permite la detección y cuantificación de concentraciones bajas de ADN, ya que realiza un fraccionamiento de la reacción de PCR en más de 20.000 gotas utilizando aceite de emulsión, incorpora una tinción fluorescente directamente en la reacción, similar a la técnica de citometría de flujo, realizando un conteo independiente de controles positivos y negativos, lo que disminuye la posibilidad de obtención de resultados erróneos (Baker, et al. 2018; Hunter, et al. 2019). Estos análisis de eDNA han sido ampliamente utilizados como un método validado para la detección y cuantificación de especies en diferentes ecosistemas, permitiendo realizar estudios ecológicos a diferentes escalas temporales y espaciales, capturando patrones de biodiversidad, validando la riqueza de taxones y la composición de las comunidades (Harper, et al. 2019; Hansen, et al. 2020), a través de diferentes aplicaciones.

1.1) El ADN ambiental como herramienta de gestión

Para estudios de sistemas acuáticos, se han propuestos diversos índices bióticos y especies como indicadores biológicos para evaluar el estado y/o calidad del agua en ecosistemas acuáticos (Figueroa, et al. 2007; Habit, et al. 2019). De acuerdo con lo comprometido en el Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad (MMA, 2014), se planteó como estrategia crear una red nacional de monitoreo de la biodiversidad a nivel de cuencas y microcuencas como indicadores de salud ambiental de ecosistemas acuáticos, requiriendo un esfuerzo de integración y coordinación entre distintos actores (consultores, académicos, investigadores y otros) que levantan información pública a través de tres actividades: 1) Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA); 2) Programas de seguimiento establecidos en Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), y 3) Normas de Calidad Secundaria del Agua (NSCA). El eDNA se perfila como una novedosa alternativa de biomonitoreo (Figura 2), utilizando técnicas moleculares (e.g. metabarcoding) que permite extender el número de especies detectadas y aumentar la resolución taxonómica, mejorando la

caracterización del ensamble de especies en las comunidades ecológicas (Hering, et al. 2018), y que resulta complejo de realizar sólo con claves taxonómicas. De esta manera, la identificación en base a ADN posibilita incluir especies poco frecuentes o difíciles de observar con métodos tradicionales, así el monitoreo de especies invasoras, endémicas o en peligro de extinción se ve beneficiado. A modo general, los métodos moleculares permitirían establecer métricas o índices moleculares proporcionando conclusiones similares y complementarias a los métodos tradicionales, sobre las condiciones ambientales, el estado y la ecología en sistemas acuáticos (Pawlowski, et al. 2018). La estandarización de los métodos de análisis genéticos, junto con la sistematización de la información proporcionarán a los actores una herramienta útil y eficaz para apoyar a la red nacional de monitoreo.

1.2) Experimentación y aspectos claves

Con el objetivo de comprender los procesos ecológicos que operan en los ecosistemas acuáticos, como también en estudios descriptivos para dilucidar los patrones de riqueza y abundancia en peces y otros grupos, se pueden realizar diversos experimentos en base al eDNA (Bista et al., 2017; Itakura et al., 2019). Por ejemplo, en el trabajo de Evans et al. (2016) se plantean una serie de preguntas: ¿Es posible medir la riqueza de especies ícticas utilizando eDNA metabarcoding dentro de una comunidad de especies en diferentes densidades y abundancia relativa?; ¿Existe una asociación positiva entre la abundancia de especies ícticas y la secuenciación masiva?; ¿Qué aproximación es más certera en predecir abundancia, el número de individuos o la biomasa?. Para responder a estas interrogantes se puede plantear tres tipos de diseños experimentales, a diferentes escalas espaciales y temporales (Figura 2):

- **Experimentos de campo:**

Se utilizan arroyos naturales y/o artificiales, estos últimos ofrecen la capacidad de control de algunas condiciones ambientales (velocidad de corriente, nivel del agua, concentración de sustancias químicas). Presentan un alto realismo, permite comprender patrones a pequeña (riqueza y abundancia) y gran escala (distribución) para estudiar comunidades o poblaciones ícticas en condiciones naturales. También permiten evaluar el efecto del cambio climático en la diversidad genética.

- **Experimentos de mesocosmos:**

Se aíslan comunidades de organismos acuáticos de su ambiente natural, se someten a experimentación procesos ecológicos que controlan las comunidades acuáticas (e.g. efecto Top-Down, Bottom-Up), perturbaciones, interacciones tróficas y patrones de colonización, entre otros.

- **Experimentos de laboratorio:**

Se aíslan individuos de poblaciones acuáticas de su ambiente natural, se pueden estudiar aspectos de la persistencia del ADN de la especie de interés, como también la variación de la concentración de eDNA frente a factores controlados (e.g. exposición a luz y sombra, concentración de sustancias químicas, temperatura, luz ultravioleta, entre otros).

Por otro lado, en la parte experimental está implícito que la comprensión de los aspectos claves respecto a la ecología del eDNA considera principalmente cuatro aristas, el origen, estado, transporte y persistencia del

material genético en el medio ambiente (Barnes y Turner, 2016).

1.3) Especies invasoras

Las especies exóticas invasoras (EEI) en ecosistemas de agua dulce de Chile son numerosas y diversas, incluyendo microalgas, macrófitas, peces, anfibios y mamíferos, entre otros (Habit, et al. 2019). Los salmónidos son posiblemente el grupo de especies invasoras más exitosas y que probablemente generan un mayor impacto a los ecosistemas (Arismendi, et al. 2014). Debido al carácter de oportunistas y ser depredadores de gran tamaño, generalmente afectan a las poblaciones nativas, con efectos adversos en los diferentes niveles ecológicos, generando importantes pérdidas de biodiversidad (Mouillet, et al. 2018). Los estudios de eDNA han sido ampliamente usados para la detección y monitoreo de las EEI, en sistemas de agua dulce y otros ecosistemas (Barnes y Turner, 2016; Dougherty, et al. 2016), debido principalmente a la rapidez en la entrega de resultados (Figura 2). La detección temprana de especies invasoras es primordial para evitar daños mayores, o su expansión a otros ecosistemas, pudiendo utilizar las diferentes aplicaciones del eDNA para el monitoreo de EEI, permitiendo obtener información más precisa sobre los impactos producidos en los distintos niveles de la trama trófica, evaluar el contenido de las aguas de lastre, entre otros.

1.4) ADN ancestral

La paleobiología se ha posicionado en los últimos años como una alternativa de monitoreo ambiental, combinando disciplinas como la paleontología, la biología y la ecología, con el fin de entender los acontecimientos del pasado, y tomar mejores decisiones para el futuro (Bálint, et al. 2018). La paleogenómica es una de las ramas de la paleobiología que utiliza el ADN antiguo o ancestral (ADNa), el cual se define como ADN degradado que ha perdurado al paso de los años, para ofrecer, una ventana al pasado (Shapiro, et al. 2012). El análisis de ADNa permite, registrar cambios genéticos a través del tiempo y observar directamente procesos evolutivos y ecológicos (Shapiro, et al. 2012; Orlando y Cooper, 2014). Dentro de este contexto, los sedimentos de lagos y lagunas se han posicionado como excelentes archivadores de la historia evolutiva molecular de micro y macro-organismos acuáticos y terrestres, debido a las bajas perturbaciones que pueden presentar los sedimentos a través del tiempo (Parducci, et al. 2017; Ficetola, et al. 2018; Olajos, et al. 2018). Además, actualmente existe una alta capacidad de obtener información en un contexto temporal y espacial de las diferentes especies que habitaron allí en el pasado, gracias a la extracción del material genético que ha quedado adherido al sedimento (ADNseda, ADNa sedimentario) y al desarrollo de nuevas tecnologías de secuenciación (Figura 2) (Olajos, et al. 2018). Chile posee ecosistemas altamente biodiversos y únicos en el mundo, que han sido, fuertemente alterados por cambios ambientales climáticos y no climáticos. Sin embargo, no existen registros extensos de las condiciones pasadas de estos ecosistemas y de sus cambios a través del tiempo, así como tampoco se tiene un buen entendimiento sobre el impacto ecológico y ambiental de la introducción de especies invasoras. No obstante, actualmente estas interrogantes pueden ser abordadas con mayor resolución con el uso de ADNa.

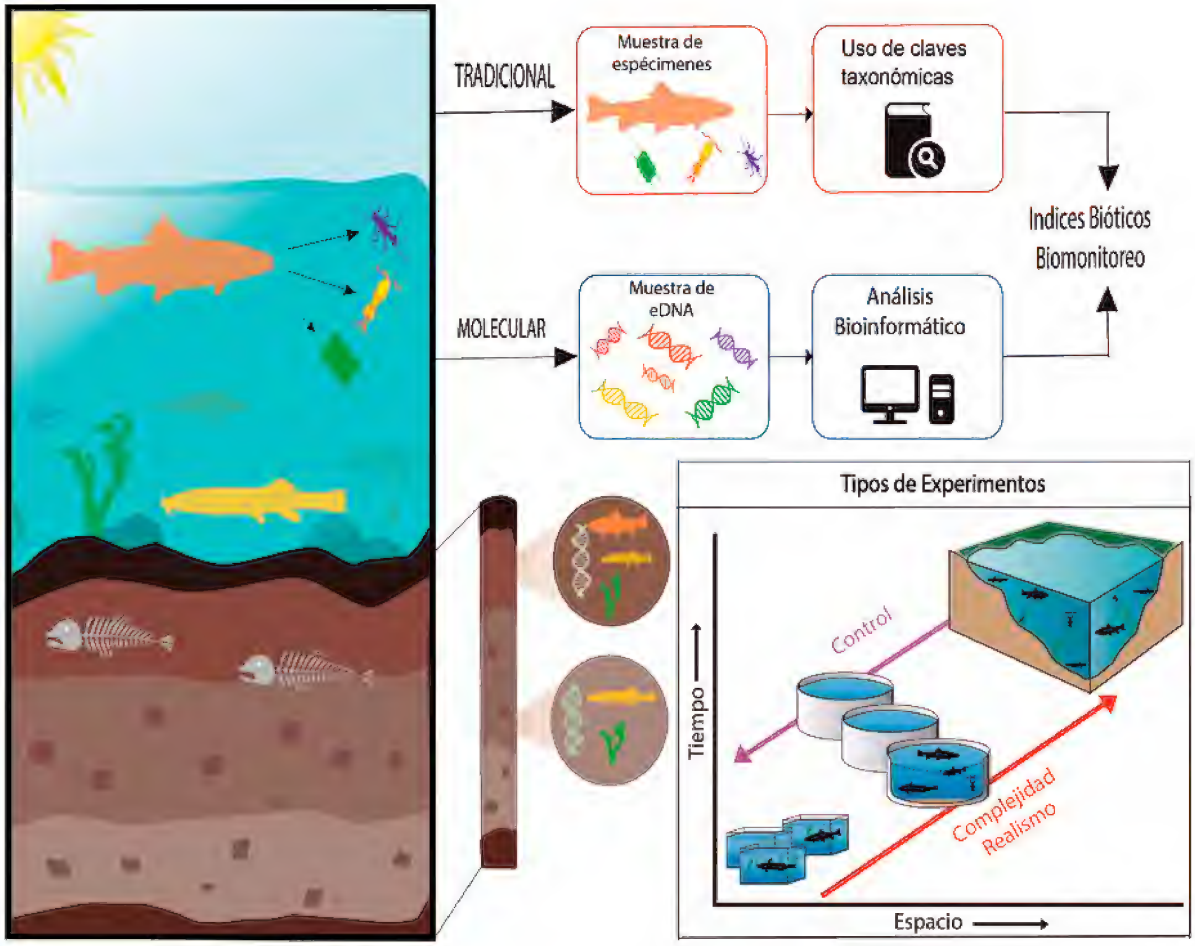


Figura 2: Esquema que ejemplifica diferentes aplicaciones y uso del eDNA. En la parte superior izquierda de la figura se observa el impacto que puede generar una especie acuática invasora (EEI; en este caso una silueta de Trucha arcoiris), las flechas segmentadas representan efectos negativos (en zooplancton y zoobentos) y la fecha punteada, posibles efectos positivos (en fitoplancton). En la aprte superior derecha de la figura se representan diferentes metodologías de monitoreo (tradicional y molecular). En la parte inferior izquierda se esquematiza la obtención de un perfil sedimentario a través de un testigo o "core" para los estudios de ADN ancestral; y a la derecha abajo se representan distintos tipos de experimentación con el ADN ambiental con aspectos claves a diferentes escalas espaciales y temporales (Modificado de Petersen, et al. 2009).

2) Consideraciones respecto a la ecología del eDNA

En general el eDNA se presenta en distintos grados de fragmentación que están directamente relacionadas a las condiciones biológicas y ecológicas del sitio de estudio (Nester, et al. 2020), ya que se enfrenta de inmediato a procesos de degradación al ser liberado al medio, producidos principalmente por factores abióticos (e.g. radiación UV, velocidad y turbulencia del agua, temperatura, pH, entre otros) y bióticos (e.g. la actividad enzimática y microbiana presente), lo que puede influir en su detección (Harper, et al. 2018; Cilleros, et al. 2019), al igual que las características propias de los individuos como la edad, los hábitos de alimentación, el tamaño

corporal y la ocupación de hábitat (Stat, et al. 2019; Nester, et al. 2020). Más aún, es necesario considerar el traslado del ADN por el ambiente, su posible adsorción al material particulado, donde diversos investigadores han observado un transporte a kilómetros de distancia desde su origen, y la dinámica de fuente-sumidero, es decir, la acumulación del ADN en diferentes sectores de las pozas y rápidos en ambientes lóticos, o bien, en el perfil de profundidad o de temperatura en ambientes lénticos (Barnes y Turner, 2016; Antognazza, et al. 2019; Nester, et al. 2020). Chile podría posicionarse como un potencial laboratorio natural para poner a prueba distintos protocolos para el uso y detección del eDNA, debido a la heterogeneidad de ambientes contrastantes que se encuentran distribuidos a lo largo del gradiente latitudinal de nuestro país, permitiendo identificar a priori los posibles factores bióticos y abióticos que podrían influir en la detección y persistencia del material genético en ecosistemas acuáticos. En este contexto, en las diferentes ecorregiones (Figura 1), planteamos las siguientes hipótesis sobre el posible estado del eDNA, de acuerdo con las características ambientales al momento de realizar un monitoreo ambiental a través del eDNA en Chile:

- Las ecorregiones de Titicaca, Atacama y Mar Chiquita–Salinas Grande presentan uno de los mayores niveles de radiación UV a nivel mundial, fuertes variaciones diarias de temperatura, y cambios en la calidad del agua debido a las fuertes precipitaciones concentradas en época estival. Además, existen salares y vertientes que alimentan los espejos de agua, presentando altas concentración de sales y metales pesados, condiciones extremas que disminuyen la abundancia y riqueza de especies. Todas estas características (i) podrían influir en la detección y/o temprana degradación del eDNA, y (ii) podrían interferir en los ensayos moleculares posteriores mediante la presencia de inhibidores inorgánicos. Además, el marcado endemismo en estas ecorregiones (iii) implicaría que los partidores utilizados en metabarcoding posiblemente no sean adecuados, necesitando el desarrollo de nuevos partidores para uso local.

- En la zona norte de la ecorregión de los Andes del Sur existen cuerpos de aguas temporales regulados por estacionalidad anual (régimen pluvio-nival característica de zonas mediterráneas secas y secano costero), como también por efectos antropogénicos. Los deshielos en época primaveral aumentan de manera significativa la turbidez de las aguas corrientes. Por lo tanto, (iv) el eDNA tendría tiempos de residencia más cortos comparativamente a otras zonas bioclimáticas, (v) debido a las altas cantidades de material disuelto y particulado los filtros se colmatarían tempranamente, y (vi) existirían diferencias temporales en la relación densidad de organismos vs eDNA.

- Desde la cuenca del río Bío Bío hacia el sur de la ecorregión Andes del Sur se presentan humedales oligotróficos, de baja conductividad y con poca carga de materia orgánica especialmente en las cabeceras de los ríos, (vii) lo que afectaría la permanencia del eDNA en el ambiente. Además, la riqueza y diversidad de especies ícticas aumenta hasta el máximo en esta zona, (ix) lo que podría requerir del desarrollo de partidores grupo-específicos para uso local.

- La ecorregión de Lagos Valdivianos se caracteriza por la presencia de ecosistemas lacustres que regulan el caudal de los ríos, y producto de las altas lluvias e importante desarrollo de vegetación, (x) la alta presen-

cia de compuestos húmicos y similares afecten el desempeño de los métodos moleculares basados en eDNA; (xi) mismo patrón que se debiera observar en los humedales de la Isla de Chiloé.

• Finalmente, en la zona Sur–Austral contenida por la ecorregión de la Patagonia, aumentan considerablemente las precipitaciones, los ríos presentan alto caudal y tramos cortos que desembocan en fiordos, lo que podría influir en la densidad del material genético, (xii) necesitando mayores volúmenes de agua para obtener similares cantidades de eDNA respecto a otras zonas en Chile; además, (xiii) el ecotono estuarino pudiese producir falsos positivos si existe resuspensión importante de sedimentos.

De este modo, la ecología del eDNA está ligada directamente con el sitio de estudio y con la especie objetivo, lo que presenta distintos grados de dificultad para su obtención y procesamiento (Harrison, et al. 2019), sin embargo, genera datos más claros, rápidos de obtener y más representativos, permitiendo tomar mejores decisiones respecto a la preservación y conservación de la biodiversidad, y por consiguiente, la sustentabilidad y estabilidad de los procesos ecológicos de los ecosistemas en constante cambio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras

Para comprobar la efectividad de las técnicas de detección de eDNA en sistemas acuáticos locales, se procedió a muestrear 2 sistemas fluviales con características distintas ubicados en la ecorregión de los Lagos Valdivianos: el río Maullín y el río Petrohué (41°19'43''S 73°2'4''O; y 41°10'50''S 72°27'33'', respectivamente). El río Maullín nace en el lago Llanquihue y posee un régimen de alimentación netamente pluvial con regulación lacustre, alcanza una longitud de 85 Km y desemboca sus aguas en el océano Pacífico. El río Petrohué, en tanto, corresponde al efluente del lago Todos los Santos, presenta igualmente un régimen de alimentación pluvial con regulación lacustre y aporte de aguas de deshielo, presenta zonas de rápidos en la parte superior del curso, y abarca una longitud de 36 Km para luego desembocar en el estero de Reloncaví (Figura 3).

Figura 3:
A, Panorama general de los sistemas en la Ecorregión de los Lagos Valdivianos. **B**, Visión general de los cuerpos de agua distribuidos en la zona de estudio y los sitios de muestreo, río Petrohué y río Maullín (indicado con triángulo y círculo, respectivamente). **C**, Río Petrohué con mirada aguas abajo del punto de muestreo, con presencia de rápidos. **D**, Río Maullín con vista aguas arriba del punto de muestreo.

En cada uno de los humedales se filtró 1000 mL de agua en los distintos sitios en sextuplicado, utilizando una bomba peristáltica portátil Alexis® (Pegasus) con batería y filtros estériles Nalgene (ThermoFisher) de nitrato de celulosa de 0.45 µm. Cada réplica se almacenó en buffer Longmire (Longmire, et al. 1997) el cual mantiene íntegro el ADN a temperatura ambiente hasta su procesamiento.

Extracción y purificación eDNA

Los trabajos con eDNA deben ser realizados en laboratorios especializados e independientes para su extracción, para evitar contaminaciones cruzadas entre las muestras, por ello las muestras fueron subdivididas y trabajadas de forma independiente por sitio. La extracción de ADN se llevó a cabo en el laboratorio de Limnoecología de la Universidad de Playa Ancha. Se realizó siguiendo el método de Fenol-Cloroformo-Isopropil II (PCI02; Deiner, et al. 2018) y un kit comercial (kit Fast DNA Spin, MP Biomedicals), con el objetivo de evaluar y seleccionar el método de extracción más óptimo, dependiendo del sitio de muestreo. Además, se agregó un tercer tratamiento a las muestras utilizando un proceso de purificación del ADN removiendo inhibidores, mediante el kit comercial One Step PCR Inhibitor Removal (Zymo Research). Las extracciones de ADN se realizaron en tandas por sitio y por método, agregando un control de extracción con agua ultrapura como blanco. Para los kits comerciales se siguieron las recomendaciones del fabricante, mientras que para el método PCI02 se siguió las indicaciones de Deiner, et al. (2018). Brevemente, se utilizaron tubos eppendorf de 2 mL con los filtros, 700 µL de buffer y 24 µL de proteinasa K (20 mg/mL) para digerir durante la noche a 55 °C. Se prepararon nuevos tubos de 2 mL con 27 mm3 aprox. de grasa High Vacuum (Dow Corning) y se les aplicó luz UV por 30 minutos. Se realizó un vórtex a las muestras lisadas y se transfirió 550 µL del sobrenadante a los nuevos tubos con grasa, agregando 550 µL de fenol-cloroformo-isoamil a cada tubo, agitando vigorosamente por 5 minutos. Posteriormente se centrifugaron las muestras por 5 minutos a 10.000 RPM y se agregaron 550 µL de cloroformo-isoamil, agitando nuevamente por 5 minutos, y centrifugando otros 5 minutos a 10.000 RPM. Se traspasó el sobrenadante a nuevos tubos, agregando 44 µL de NaCl 5M, 1100 µL de EtOH 100 % y se mantuvo durante la noche a 4°C. Al día siguiente se centrifugaron las muestras a 10.000 RPM por 30 minutos, se descartó el alcohol, se agregó EtOH 70 %, centrifugando nuevamente por 30 minutos a 10.000 RPM y se descartó el alcohol. Las muestras se dejaron evaporar a temperatura ambiente por 24 horas, re-suspendiendo el ADN en 75 µL de agua ultrapura, re-disolviendo las muestras a 55 °C por 10 minutos y manteniendo las muestras hasta análisis a -20 °C.

Para evaluar la eficiencia de cada método de extracción, se cuantificó la concentración de eDNA obtenido en cada procedimiento mediante dos técnicas. La primera de ella fue por fluorometría a través del equipo Qubit 2.0 (Invitrogen, Thermofisher) que consiste en la utilización de fluoróforos específicos que se unen a la doble hebra de ADN (Qubit dsDNA HS Assay Kit) y el segundo fue por espectrofotometría (Take 3, Biotek; en una plataforma de lectura Cytation 5), donde se midió la absorbancia 260/280 nm en cada muestra para cuantificar ADN y proteínas, en duplicado.

Ensayos moleculares

Se realizaron ensayos de PCR de las diferentes extracciones, montados en un laboratorio de pre PCR separado y habilitado especialmente para tal procedimiento. Para ello se utilizaron diferentes partidores, con tal de obtener un frag-

mento específico de dos genes ribosomales: 12S y 16S; además se incluyeron blancos de PCR correspondientes a los controles de filtración. En primer lugar a cada muestra se le realizó un ensayo de PCR con los partidores 12S MiFish-U (F 5'-GTCGGTAAAACTCGTGCCAGC-3' y R 5'-CATAGTGGGGTATCTAATCCCAGTTTG-3'), el que es específico para peces (Miya, et al. 2015). Con esta amplificación se buscó evaluar el éxito de amplificación y evaluar la presencia de peces en cada método de extracción y para todas las réplicas, incluyendo los controles.

En el caso del gen 16S, se realizó una PCR anidada utilizando primero los partidores 16S-F-new (5'- GCCTGCCCTGTGACTATGG -3') (Clusa, et al. 2017) y 16SBr (Palumbi, et al. 2002). A partir del producto PCR de este experimento, se realizó una segunda PCR con los partidores 16S-F-Salmo (5'- AAGACCTGTATGAATGGCATC -3') y 16S-R-Salmo (5'- TCGATAGGGACTCTGGGAGA -3') (Zaiko, et al. 2015) específicos para salmónidos. Se realizó un control interno en cada PCR para evitar falsos positivos dentro de los resultados. De acuerdo a nuestros análisis previos, la primera PCR amplifica para galáxidos nativos y salmónidos presentes en Chile, mientras que la segunda PCR sería específica para salmónidos (Clusa, et al. 2017). Con estos ensayos de amplificación se buscó evaluar la presencia de estos grupos de peces en las muestras de eDNA, incluyendo igualmente los controles.

En todos los ensayos se trabajó con Sapphire Amp Fast PCR Master Mix (Takara), y cada partidor a una concentración final de 200 nM. El protocolo de PCR fue el siguiente: 94°C por 1 min, seguido por 30 ciclos de 98°C por 5 seg, T°C por 5 seg y 72°C por 10 seg. La temperatura de alineamiento (T°C) dependió de las especificaciones de cada partidor. Cada experimento de amplificación fue chequeado en geles de agarosa al 1%.

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de varianza de una vía para evaluar las diferencias entre la concentración de ADN obtenida mediante Qubit, Take 3 y para los índices 260/280; mientras que se realizó un test de Tukey a posteriori para evaluar especialmente las diferencias entre métodos de extracción de ADN y respecto a los controles por sitio. En el caso de los experimentos de PCR, se realizó un test de proporciones Chi cuadrado para evaluar la independencia del método de extracción de ADN respecto al éxito de amplificación. Todos los análisis y gráficos fueron realizados en el software R v 4.0.1.

RESULTADOS

Los resultados de extracción de ADN fueron dispares entre los dos sitios (Figura 4). En el río Maullín los promedios de concentración de ADN (ng/µl) de acuerdo a las mediciones realizadas por Qubit 2.0 fueron de 7.2 (± 2.2 [± 1 desviación estándar]), 4.23 (± 4.4) y 4.9 (± 1.9) para el kit Fast DNA, el método PCI02 y el método PCI02 + kit Zymo respectivamente, sin embargo, sólo hay diferencias significativas respecto a los controles ($F_{5,18}$ = 4.295, p = 0.009), y no existieron diferencias para las concentraciones de ADN obtenidas entre los métodos. En el río Petrohué, por otro lado, los promedios de concentración de ADN (ng/µl) medidas por el mismo método fueron menores, con valores de 1.2 (± 1.9) para el kit Fast DNA, 3.9 (± 4.0) para el método PCI02 y 1.6 (± 2.4) para el método PCI02 + kit Zymo, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas respecto a los controles ni entre los métodos de extracción ($F_{5,18}$ = 1.304, p = 0.306).

En el caso de las concentraciones de ADN medidas por espectrofotometría mediante Take3 (Tabla 1), en general los promedios son mayores a los reportados por Qubit, y existen diferen-

cias entre los valores medidos para el río Maullín ($F_{5,42} = 12.06$, $p > 0.001$) y para el río Petrohué ($F_{5,42} = 7.474$, $p > 0.001$). En el río Maullín, se observaron diferencias a posteriori para las comparaciones Fast DNA vs PCI02 y PCI02 vs PCI02 + kit Zymo, pero no para el método Fast DNA vs PCI02 + kit Zymo, mientras que para el río Petrohué, sólo se observaron diferencias entre el método PCI02 *vs* PCI02 + kit Zymo. Respecto a los valores del índice 260/280 para el río Maullín ($F_{5,42} = 7.757$, $p > 0.001$), no existieron diferencias a posteriori entre los métodos, sin embargo, para el río Petrohué ($F_{5,42} = 4.129$, $p = 0.004$) se apreciaron diferencias a posteriori entre el método Fast DNA *vs* PCI02 + kit Zymo.

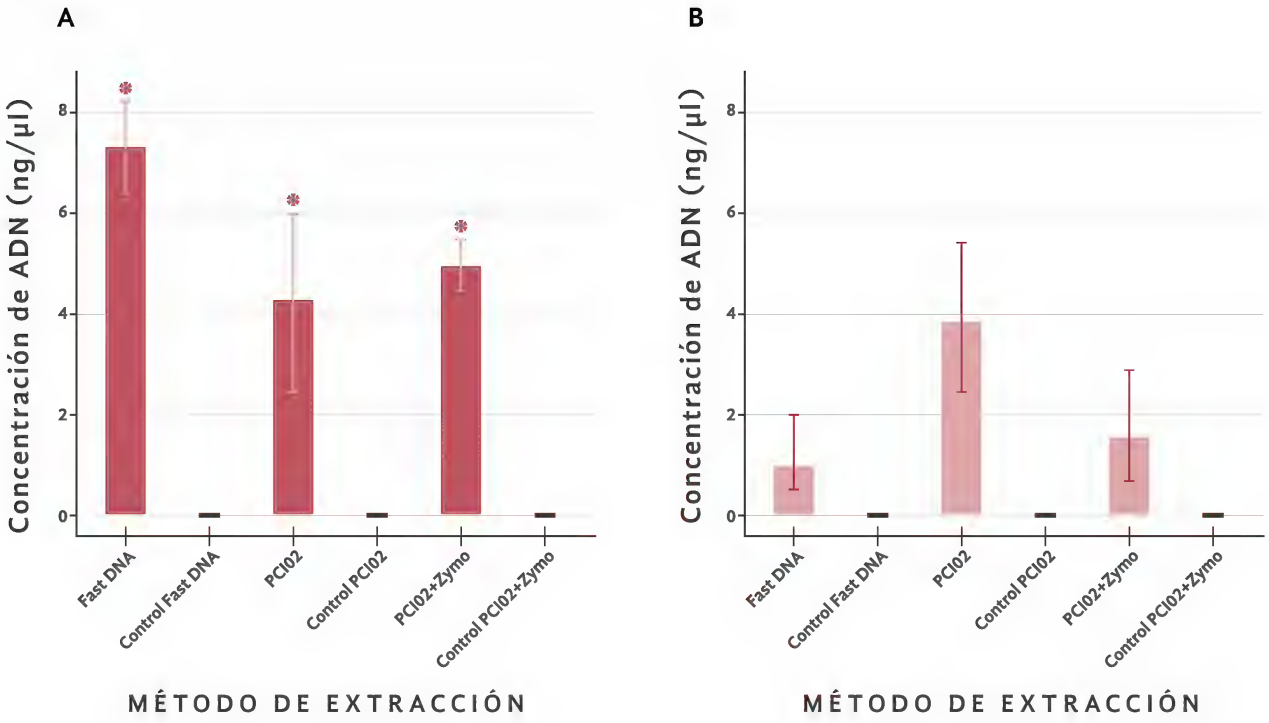


Figura 4: Concentración de ADN en ng/µl según método de extracción utilizando Qubit 2.0. Las barras indican los promedios; los intervalos indican error estándar; los asteriscos indican diferencias estadísticamente significativas respecto al control. A, Río Maullín. B, Río Petrohué.

Sitio	Método	Take 3		260/280		
		Promedio (ng/µl)	Desviación estándar	mínimo	máximo	promedio
Río Maullín	Fast DNA	42.74	10.33	1.64	2.28	1.81
Río Maullín	Control Fast DNA	15.85	4.16	1.45	1.73	1.63
Río Maullín	PCI02	214.95	144.12	1.45	1.64	1.54
Río Maullín	Control PCI02	0.5	1.02	-1.21	1.4	0.22
Río Maullín	PCI02 + Zymo	27.36	10.97	1.55	1.94	1.72
Río Maullín	Control PCI02 + Zymo	2.73	1.5	1.8	9.95	4.63
Río Petrohué	Fast DNA	27.77	7.31	1.47	2.02	1.71
Río Petrohué	Control Fast DNA	28.25	12.68	1.82	1.9	1.86
Río Petrohué	PCI02	45.18	33.58	1.7	2.03	1.85
Río Petrohué	Control PCI02	2.59	1.45	1.56	1.83	1.7
Río Petrohué	PCI02 + Zymo	7.62	7.66	1.75	6.28	2.89
Río Petrohué	Control PCI02 + Zymo	1.91	0.32	1.71	6.11	3.49

Tabla 1: Mediciones de concentración y calidad de ADN según método espectrofotométrico, por sitio de estudio y método de extracción de ADN.

Al analizar el éxito de amplificación con los partidores 12S MiFish, 16S NewF y 16S Salmo (Tabla 2), se observó que todos los controles evidenciaron ausencia de amplificación positiva, tanto para las PCR iniciales (12S y 16S NewF), como para las PCR anidadas (16S Salmo). Respecto a la detección de peces mediante los partidores MiFish 12S y al éxito de amplificación para los partidores 12S MiFish, para el río Maullín se observaron diferencias respecto al método, donde 4 de 6 réplicas amplificaron para el kit Fast DNA, mientras que 0 de 6 réplicas lo hicieron para el método PCI02, y 2 de 6 réplicas amplificaron al utilizar el kit Zymo + el método PCI02; observando dependencia del método de extracción respecto al éxito de amplificación marginalmente significativo (Chi cuadrado2 = 6, p = 0.05). En el río Petrohué, en tanto, también hubieron diferencias, el kit Fast DNA amplificó 6 de 6 réplicas, el método PCI02 amplificó 5 de 6 réplicas, mientras que la limpieza con el kit Zymo + el método PCI02 sólo gene-

ró 2 de 6 bandeos positivos, existiendo igualmente dependencia del método de extracción respecto al éxito de amplificación (Chi cuadrado2 = 7.2, p = 0.027).

La detección de salmónidos y galáxidos con los partidores 16S-F-new y 16S-F-Salmo también mostraron diferencias (Tabla 2). En el caso del río Maullín y para la primera PCR se observaron 4 de 6 réplicas positivas para el kit Fast DNA, mientras que el método PCI02 no tuvo amplificaciones positivas, y al utilizar el kit Zymo + el método PCI02 hubieron 3 de 6 amplificaciones positivas; en este caso se observó dependencia del éxito de amplificación respecto al método de extracción de ADN (Chi cuadrado2 = 6.078, p = 0.048). Al analizar la segunda PCR, el kit Fast DNA mostró 3 de 6 amplificaciones positivas, y tanto el método PCI02 y al utilizar el kit Zymo las amplificaciones positivas aumentaron (Chi cuadrado2 = 3.88, p = 0.14). Finalmente, para el río Petrohué las amplificaciones en la primera PCR fueron casi 100 % exitosas para los tres métodos (Chi cuadrado2 = 1.125, p = 0.57), aunque sólo el método PCI02 mantuvo el éxito de amplificación en la segunda PCR (Chi cuadrado2 = 5.85, p = 0.054).

Sitio	Método	12S MiFish	16S NewF	16S Salmo
Río Maullín	Fast DNA	4/6*	4/6*	3/6
Río Maullín	Control Fast DNA	0/2	0/2	0/2
Río Maullín	PCI02	0/6*	0/6*	4/6
Río Maullín	Control PCI02	0/2	0/2	0/2
Río Maullín	PCI02 + Zymo	2/6*	3/6*	6/6
Río Maullín	Control PCI02 + Zymo	0/2	0/2	0/2
Río Petrohué	Fast DNA	6/6*	5/6	1/6
Río Petrohué	Control Fast DNA	0/2	0/2	0/2
Río Petrohué	PCI02	5/6*	5/6	5/6
Río Petrohué	Control PCI02	0/2	0/2	0/2
Río Petrohué	PCI02 + Zymo	2/6*	6/6	2/6
Río Petrohué	Control PCI02 + Zymo	0/2	0/2	0/2

Tabla 2: Éxito de amplificación según sitio de muestreo, método de extracción de ADN y partidores utilizados.
*Indican diferencias significativa entre las proporciones.

DISCUSIÓN

Los altos costos de conservación (i.e. el costo alternativo de reemplazar una actividad antrópica actual o futura por proteger la biodiversidad) a lo largo del país, otorgan escasas posibilidades para aplicar alguna estrategia de conservación (Jorquera-Jaramillo, et al. 2012). Sin embargo, los análisis basados en eDNA pueden otorgarnos información más completa y acabada sobre el estado del ecosistema a través de las diferentes técnicas moleculares, posicionándose como una herramienta útil para monitorear la composición de especies y su distribución muy rápidamente, entregando información sobre los cambios en la biodiversidad o alteración del funcionamiento de los ecosistemas (Cristecu y Hebert, 2018). En el presente trabajo se analizó la concentración del ADN extraído y cuantificado por dos métodos diferentes y su posterior análisis, provenientes de dos ríos físicamente diferentes. El río Petrohué se caracteriza por tener sectores angostos y algunos sectores turbulentos con presencia de rápidos, siendo sus aguas por lo general prístinas (DGA, 2009); por otro lado, el río Maullín tiene un cauce en promedio más ancho y profundo, y sus aguas al ser provenientes del Lago Llanquihue, presentan probablemente un mayor grado de trofía producto de la intervención antropogénica en este sector (DGA, 2004). Considerando las características ambientales de cada sitio de muestreo, los resultados indican diferencias en la concentración de ADN, independiente del método de cuantificación (Figura 4; Tabla 1), los cual podría estar ligado al transporte del ADN y aglomeración de este producido principalmente en ríos turbulentos (Barnes y Turner, 2016; Antognazza, et al. 2019) y a la presencia de material particulado asociado a aguas con alta carga orgánica y presencia de inhibidores, siendo necesario aplicar métodos de purificación de ADN, los cuales pueden disminuir la concentración de ADN final (Hunter et al. 2019), como se puede observar al comparar las concentraciones obtenidas por PCI02 y PCI02 + Zymo (Tabla 1). Además, las diferencias en los valores de concentración de ADN por Take 3 y Qubit 2.0 se deben principalmente a la especificidad de la técnica fluorimétrica, en donde la tinción se une específicamente al ADN de doble hebra (Ponti, et al. 2018), en cambio, la espectrometría al medir a una absorbancia a diferentes longitudes de onda, también puede estar cuantificando proteínas, ARN y otros compuestos, lo que nos permite saber la calidad del ADN (Ponti, et al. 2018). En este sentido, los valores del índice A260/280, de las muestras provenientes de los ríos Petrohué y Maullín presentaron en su mayoría una calidad de ADN óptima (entre 1.6–2.0) (Wasko, et al. 2003) a excepción del método de extracción PCI02 + Zymo que en el caso del río Petrohué puede estar presentando contaminación por presencia de ARN (Loughrey y Marlock, 2017); mientras que el método PCI02 en el río Maullín por contaminación de compuestos aromáticos como el fenol (Koetsier y Cantor, 2019). Por otro lado, los resultados de PCR fueron variados de acuerdo al método de extracción y al partidor utilizado (Tabla 2), destacando el valor del trabajo de variadas réplicas en terreno para sustentar los resultados, sobre todo en una fase experimental (Hunter, et al. 2019). Destaca la importancia de la cantidad de réplicas y controles internos (e.g. de filtración y extracción de ADN) durante el desarrollo de los experimentos, esto con el fin de disminuir la probabilidad de falsos negativos y asegurar una correcta interpretación de los resultados sobre la biodiversidad presente al momento de tomar decisión sobre conservación. Finalmente, resulta de extrema importan-

cia optimizar los métodos iniciales en el flujo de trabajo del eDNA y determinar, por ejemplo, el efecto del material filtrante, tamaño de poro y método de extracción (Deiner, et al. 2018).

CONCLUSIONES

Chile posee 1.251 ríos con particularidades únicas (DGA, 2016), donde podemos encontrar en zonas cordilleranas ríos con alto contenido mineral, tramos de pH extremadamente ácidos y presencia de metales pesados, y en otras zonas del país, encontrar ríos con baja conductividad y productividad (DGA, 2016; MMA, 2019). Así técnicas ampliamente estudiadas a nivel mundial como el análisis del eDNA hacen necesaria su previa experimentación y estandarización en las diferentes ecoregiones de nuestro país, siendo fundamental la elección de un apropiado método de filtración, extracción y análisis, según las características bióticas y abióticas que presente el sitio de estudio, en la que Chile cuenta con un amplio espectro de aplicabilidad para el uso de técnicas moleculares basada en eDNA. En perspectiva de investigación y desarrollo es deseable una mayor implementación de técnicas novedosas, considerando las metas que se han propuesto a nivel país, en cuanto a la preservación y conservación de la diversidad biológica en el contexto actual de cambio climático (MMA, 2017). En este sentido para ir avanzando en nuevas políticas de manejo se necesitará de la actualización de bases de datos de relevancia (e. g. distribución de especies que estén en el reglamento de clasificación de las especies (RCE), así como también de especies invasoras), y la implementación de nuevos protocolos de monitoreos, tomando el uso de eDNA como una alternativa atractiva y factible para realizar en complemento con metodologías tradicionales de muestreo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales al Núcleo Milenio INVASAL, Concepción, y al proyecto Fondecyt iniciación N° 11181259 por el apoyo financiero y logístico. Los resultados fueron desarrollados por Franco Erazo Aguilera, Biólogo Marino de la Universidad de Valparaíso a quien agradecemos ceder parte de los resultados de su trabajo de titulación.

BIBLIOGRAFÍA

Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C. et al. (2008). Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. BioScience, 58(5), 403-414.

Adams, C. I., Knapp, M., Gemmell, N. J. et al. (2019). Beyond biodiversity: can environmental DNA (eDNA) cut it as a population genetics tool?. Genes, 10(3), 192.

Antognazza, C. M., Britton, J. R., Potter, C. et al. (2019). Environmental DNA as a non-invasive sampling tool to detect the spawning distribution of European anadromous shads (Alosa spp.). Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 29(1), 148-152.

Arismendi, I., B. E. Penaluna, J. B. Dunham, C. et al. (2014). Differential invasion success of salmonids in southern Chile: Patterns and hypotheses. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 24:919–941.

Baker, C. S., Steel, D., Nieukirk, S., & Klinck, H. (2018). Environmental DNA (eDNA) from the wake of the whales: droplet digital PCR for detection and species identification. Frontiers in Marine Science, 5, 133.

Bálint, M., Pfenninger, M., Grossart, H. P. et al. (2018). Environmental DNA time series in ecology. Trends in Ecology & Evolution, 33(12), 945-957.

Barnes, M. A., & Turner, C. R. (2016). The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. Conservation Genetics, 17(1), 1-17.

Bista, I., Carvalho, G. R., Walsh, K. et al. (2017). Annual time-series analysis of aqueous eDNA reveals ecologically relevant dynamics of lake ecosystem biodiversity. Nature communications, 8(1), 1-11.

Butchart, S. H., Walpole, M., Collen, B. et al. (2010). Global biodiversity: indicators of recent declines. Science, 328(5982), 1164-1168.

Caley, M. J., Fisher, R., & Mengersen, K. (2014). Global species richness estimates have not converged. Trends in Ecology & Evolution, 29(4), 187–188. doi:10.1016/j.tree.2014.02.002

Cilleros, K., Valentini, A., Allard, L. et al. (2019). Unlocking biodiversity and conservation studies in high-diversity environments using environmental DNA (eDNA): A test with Guianese freshwater fishes. Molecular ecology resources, 19(1), 27-46.

Clusa, L., Ardura, A., Fernández, S. et al. (2017). An extremely sensitive nested PCR-RFLP mitochondrial marker for detection and identification of salmonids in eDNA from water samples. PeerJ, 5, e3045.

Cristecu, M. E., & Hebert, P. D. (2018). Uses and misuses of environmental DNA in biodiversity science and conservation. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 49, 209-230. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062306

DGA, Dirección General de Aguas (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivo de calidad. Cuenca del Río Maullín. Ejecutado por Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. Ministerio de Obras Públicas.

DGA, Dirección General de Aguas (2009). Informe técnico N° 4: Reserva del Río Petrohué para la conservación ambiental y el desarrollo local de la cuenca. Ministerio de Obras Públicas.

DGA, Dirección General de Aguas (2016). Atlas del Agua. Chile 2016. Ministerio de Obras Públicas.

Deiner, K., Lopez J., Bourne S. et al. (2018). Optimising the detection of marine taxonomic richness

using environmental DNA metabarcoding: the effects of filter material, pore size and extraction method. Metabarcoding and Metagenomics, 2, e28963.

Dougherty, M. M., Larson, E. R., Renshaw, M. A. et al. (2016). Environmental DNA (eDNA) detects the invasive rusty crayfish Orconectes rusticus at low abundances. Journal of Applied Ecology, 53(3), 722-732.

Elbrecht, V.,& Leese, F. (2017). Validation and development of COI metabarcoding primers for freshwater macroinvertebrate bioassessment. Frontiers in Environmental Science, 5, 11.

Elosegui, A & Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Barcelona (España):Fundación BBVA.

Evans, N. T., Olds, B. P., Renshaw, M. A. et al. (2016). Quantification of mesocosm fish and amphibian species diversity via environmental DNA metabarcoding. Molecular ecology resources, 16(1), 29-41.

Ficetola, G. F., Poulenard, J., Sabatier, P. et al. (2018). DNA from lake sediments reveals long-term ecosystem changes after a biological invasion. Science Advances, 4(5), eaar4292.

Figueroa, R., Palma, A., Ruíz, V. et al. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. Revista chilena de historia natural, 80(2), 225-242.

Figueroa, A. (2018). Humedales de Chile: Diversidad, endemismo y desafíos para su conservación. Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos. Tomo 2. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 76-83.

Gligo, V. (2016). Informe país estado del medio ambiente en Chile. Comparación 1999-2015.

Gligo, V. (2019). Informe país estado del medio ambiente en Chile 2018.

Habit, E., Górski k., Alò D. et al. (2019). Biodiversidad de Ecosistemas de Agua Dulce. Mesa Biodiversidad-Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. 64 páginas. Biodiversidad de ecosistemas de agua dulce.

Hansen, B. K., Jacobsen, M. W., Middelboe, A. L. et al. (2020). Remote, autonomous real-time monitoring of environmental DNA from commercial fish. Scientific reports, 10(1), 1-8.

Harrison, J. B., Sunday, J. M., & Rogers, S. M. (2019). Predicting the fate of eDNA in the environment and implications for studying biodiversity. Proceedings of the Royal Society B, 286(1915), 20191409.

Harper, L. R., Lawson Handley, L., Hahn, C. et al. (2018). Needle in a haystack? A comparison of eDNA metabarcoding and targeted qPCR for detection of the great crested newt (Triturus cristatus). Ecology and evolution, 8(12), 6330-6341.

Hering, D., Borja, A., Jones, J. I. et al. (2018). Implementation options for DNA-based identification into ecological status assessment under the European Water Framework Directive. Water Research, 138, 192-205.

Hunter, M. E., Ferrante, J. A., Meigs-Friend, G. et al. (2019). Improving eDNA yield and inhibitor reduction through increased water volumes and multi-filter isolation techniques. Scientific Reports, 9(1), 1-9.

Igawa, T., Takahara, T., Lau, Q. et al. (2019). An application of PCR-RFLP species identification assay for environmental DNA detection. PeerJ, 7, e7597.

Itakura, H., Wakiya, R., Yamamoto, S. et al. (2019). Environmental DNA analysis reveals the spa-

tial distribution, abundance, and biomass of Japanese eels at the river-basin scale. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 29(3), 361-373.

Johnson, C. N., Balmford, A., Brook, B. W. et al. (2017). Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. Science, 356(6335), 270–275. doi:10.1126/science.aam9317

Jorquera-Jaramillo, C., Vega, J. A., Aburto, J. et al. (2012). Conservación de la biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. Revista chilena de historia natural, 85(3), 267-280.

Koetsier, G., & Cantor, E. (2019). A Practicle Guide to Analysing Nucleic Acid Concentration and Purity with Microvolume Spectrophotometer. New England Biolabs Inc.

Longmire J., MaltbieM., & Baker R. (1997). Use of "lysis buffer" in DNA isolation and its implications for museum collections. Museum of Texas Tech University 163: 1-3.

Loughrey, S., & Matlock, B. (2017). Acclaro protein contaminant ID. DNA, 1(2.0), 1-8.

Luebert, F., & Pliscoff, P. (2017). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile (2a edición). Editorial universitaria, Santiago, Chile.

Miya, M., Sato, Y., Fukunaga, T. et al. (2015). MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species. Royal Society open science, 2(7), 150088.

MMA, Ministerio del Medio Ambiente (2014). Quinto Informe de Estado del Medio Ambiente 2016. Santiago de Chile. Disponible en: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/Libro_Convenio_sobre_diversidad_Biologica.pdf

MMA, Ministerio del Medio Ambiente (2016). Informe de Estado del Medio Ambiente 2016. Santiago de Chile. 557 p. Disponible en: http://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/IEMA2016.pdf

MMA, Ministerio del Medio Ambiente (2017). Estrategia nacional de biodiversidad 2017-2030. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago.

MMA, Ministerio del Medio Ambiente (2018). Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera edición. Tomo I. pp. Santiago de Chile.

MMA, Ministerio del Medio Ambiente (2019). Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile: elaborado en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Santiago: Ministerio del Medio Ambiente.

Mouillet, C., Barta, B., Espinosa, R. et al. (2018). Ecological effects of introduced rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in pristine Ecuadorian high Andean lakes. Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie, 191(4), 323-337.

Nester, G. M., De Brauwer, M., Koziol, A. et al. (2020). Development and evaluation of fish eDNA metabarcoding assays facilitate the detection of cryptic seahorse taxa (family: Syngnathidae). Environmental DNA.

Olajos, F., Bokma, F., Bartels, P. et al. (2018). Estimating species colonization dates using DNA in lake sediment. Methods in Ecology and Evolution, 9(3), 535-543.

Parducci, L., Bennett, K. D., Ficetola, G. F. et al. (2017). Ancient plant DNA in lake sediments. New Phytologist, 214(3), 924-942.

Pawlowski, J., Kelly-Quinn, M., Altermatt, F. et al. (2018). The future of biotic indices in the ecogenomic era: Integrating (e) DNA metabarcoding in biological assessment of aquatic ecosystems. Science of the Total Environment, 637, 1295-1310.

Palumbi, S. R., Martin, A., Romano, S. et al. (2002). The simple fool's guide to PCR, version 2.0. University of Hawaii, Honolulu, 45.

Peredo-Parada, M., Martínez-Capel, F., Garófano-Gomez, V. et al. (2009). Base de datos Ecohidrologica de los ríos de Chile: Una herramienta de gestión para los ecosistemas acuáticos. Gayana (Concepción), 73(1), 119-129.

Pérez–Quezada, J., & Rodrigo, P. (2018). Metodologías aplicadas para la conservación de la biodiversidad en Chile.

Petersen, J. E., Kennedy, V. S., Dennison, W. C. et al. (2009). Enclosed experimental ecosystems and scale. In Tools for Understanding and Managing Coastal Ecosystems. Springer New York.

Ponti, G., Maccaferri, M., Manfredini, M., Kaleci, S. et al. (2018). The value of fluorimetry (Qubit) and spectrophotometry (NanoDrop) in the quantification of cell-free DNA (cfDNA) in malignant melanoma and prostate cancer patients. Clinica Chimica Acta, 479, 14-19.

Rees, H. C., Maddison, B. C., Middleditch, D. J. et al. (2014). The detection of aquatic animal species using environmental DNA–a review of eDNA as a survey tool in ecology. Journal of Applied Ecology, 51(5), 1450-1459.

Reid, B., Astorga, A., & Madriz, I. (2019). Estado de conocimiento y conservación de la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas de la Patagonia.

Shapiro, B., & Hofreiter, M. (2013). Ancient DNA. The Princeton Guide to Evolution, 475-481.

Stat, M., John, J., DiBattista, J. D. et al. (2019). Combined use of eDNA metabarcoding and video surveillance for the assessment of fish biodiversity. Conservation Biology, 33(1), 196-205.

Vila, I., Veloso, A., Schlatter & Ramírez, C. (2006). Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria.

Vila & Quezada-Romegialli (2018). Peces Límnicos. Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos. Tomo 1. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 173-181.

Wasko, A. P., Martins, C., Oliveira, C., & Foresti, F. (2003). Non-destructive genetic sampling in fish. An improved method for DNA extraction from fish fins and scales. Hereditas, 138(3), 161-165.

Zaiko, A., Martinez, J. L., Ardura, A. et al (2015). Detecting nuisance species using NGST: methodology shortcomings and possible application in ballast water monitoring. Marine Environmental Research, 112, 64-72.

Zoología

Puma concolor MHNV EXB 316, mamífero carnívoro de la familia Felidae también conocido como león de montaña o león americano, trapial para los mapuches. Es el carnívoro terrestre más grande que habita en Chile, desde Arica a Magallanes y en todo el continente americano. Exhibido en Sala Río Aconcagua, Exposición Permanente Biodiversidad de la Región de Valparaíso: Un viaje desde las profundidades del mar hasta el nacimiento del río Aconcagua, Museo de Historia Natural de Valparaíso.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 33, 2020
Zoología

Identidad del Pejerrey (Teleostei, Atheriniformes, Atherinopsidae) del cementerio Topater-1 (2400-2300 AP), Calama, desierto de Atacama, Chile

Brian S. Dyer*
Osvaldo Rojas Mondaca **
Valentina Guevara Guzmán***
Claudio Quezada Romegialli ****

RESUMEN

Durante la excavación arqueológica del cementerio precolombino Topater-1 (223AC) en Calama entre 1981 y 1985, fue encontrado un ejemplar completo de pejerrey asociado a una pieza de cerámica de este cementerio. Una reciente publicación compilatoria de Benjamín Ballester y colaboradores registra una veintena de especies marinas que formaban parte del llamado "ciclo del pescado" (producción, distribución y consumo de pescado seco) entre asentamientos costeros y valles interiores del desierto de Atacama durante la etapa Formativa media y tardía (500AC–DC700). El cementerio Topater-1 es uno de los sitios considerados en el estudio e informa la presencia de una anchoveta, pero ningún pejerrey como había identificado BDH 15 años antes por medio de fotografías. Ambos ejemplares tienen la particularidad de ser ejemplares de cuerpo completo, tamaño pequeño y por tanto habrían tenido una connotación más ceremonial a modo de ofrenda, que de carácter alimenticio. El ejemplar de pejerrey fue locali-

* Ictiólogo, PhD Biología, Profesor Asociado Extraordinario Universidad de los Andes, briansdyer@gmail.com
** Director, Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, orojas@calamacultural.cl
*** Arqueóloga, Especialista en Arqueología, Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, valentina.guevara.guzman@gmail.com
**** Ingeniero Ambiental, Dr. en Ciencias m. Ecología y Biología Evolutiva, Laboratorio de Limnoecología, Universidad de Playa Ancha; Núcleo Milenio INVASAL, Concepción; AquaGenetix, Valparaíso, claudio.quezada@upla.cl

zado en el Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama, en Calama y para su identificación a nivel específico fue comparado con especies actuales de pejerreyes de los géneros Basilichthys y Odontesthes. El pejerrey de Topater-1 fue identificado como Odontesthes regia, especie marina y nueva adición a la lista de especies del "ciclo del pescado" de la etapa Formativa prehispánica de Atacama.

Palabras claves: *Odontesthes regia*, anatomía externa, "ciclo del pescado", arqueología, periodo Formativo.

ABSTRACT

Archaeological remains from the prehispanic cemetery Topater-1 (223BC) near Calama were recovered between 1981 and 1985, and among them was a complete individual of silverside fish associated to a piece of ceramic. A recent compilation by Benjamin Ballester and collaborators registers over 20 marine species that formed part of the so called "fish cycle", which involved production, distribution and consumption of dried fish between coastal and inland settlements of the Atacama desert during the middle and late Formative period (500BC–AC700). The Topater-1 cemetery is one of the sites considered in their study and makes reference to the presence of an anchovy, but no silverside as one of us (BDH) had identified by photographs 15 years earlier. Both individuals are unique in that they are complete specimens, of small size, and therefore probably had a more ceremonial connotation as an offering, rather than a food item. The specimen was located at the Museum of Natural and Cultural History of the Atacama Desert, in Calama, and for its species-level identification it was compared with extant silverside species of the genera Basilichthys and Odontesthes. The Topater-1silverside specimen was identified as Odontesthes regia, a coastal marine species and new addition to the "fish cycle" list of the prehispanic Formative period of Atacama.

Keywords: *Odontesthes regia*, external anatomy, "fish cycle", archaeology, Formative period

INTRODUCCIÓN

El período Formativo en el desierto de Atacama (1500 AC–DC 700) marca una etapa clave en el desarrollo de las poblaciones locales que habitaron este territorio en tiempos prehispánicos en tanto se observa su tránsito gradual desde un modo de vida centrado en la caza y recolección a uno con mayor énfasis en las prácticas pastoralistas y el manejo agrícola (Núñez, et al. 2006). Es durante esta etapa donde se consolidan una serie de cambios que fueron dando forma a una compleja red de circulación e intercambio a larga distancia, en la cual destaca la aparición recurrente de productos provenientes de la costa del Pacífico en las localidades interiores asociadas al curso medio del río Loa, salar de Atacama y en el Noroeste Argentino (Benavente, 1982; Núñez, et al. 2007; Soto, 2015).

Si bien el registro arqueológico ofrece diversos antecedentes respecto al intercambio de productos marinos en el período Arcaico tardío (4000-2000 AC), es durante las etapas formativas cuando se registra una intensificación sin precedentes de la explotación (n=30), circulación y consumo (n=19) de productos ictiológicos (Ballester, et al. 2019) y malacológicos. En base a ello, se ha propuesto el surgimiento de un ciclo económico orientado casi exclusivamente al intercambio de peces, el cual plantea al litoral como el lugar de producción y la pampa, oasis y quebradas interiores como los lugares de circulación y consumo (Castillo, 2011, 2015; Castillo, et al. 2017). De este modo, se perfila a los oasis interiores de Quillagua, Calama y Chiu Chiu como los centros que ejercieron

una mayor demanda de estos recursos (Castillo, et al. 2017; Ballester, et al. 2019).

Las diferentes especies marinas identificadas en determinados sitios funerarios y habitacionales, o bien en las rutas de tránsito y basurales a lo largo de la región, dan cuenta de la amplia diversidad de peces (n=34, Ballester, et al. 2019) que estaban circulando en este período. Es importante notar que los restos ictiológicos identificados hasta especie son un porcentaje muy bajo del total de huesos colectados (e.g. 1% identificado a nivel de taxón en el sitio Aldea San Salvador; Castillo, 2015). Además se observa un vasto repertorio de técnicas de captura (anzuelos de cobre y de púas de cactus, arpones, poteras y redes), procesamiento, conservación y transporte que sustentaron la eficacia de este sistema de intercambio. Comprender las implicancias de estas estrategias selectivas ayuda a repensar los distintos contextos sociales en los cuales fueron integrados estos recursos, y con ello contribuir al estudio de la relación socio histórica entre las poblaciones costeras y los habitantes del interior del desierto (Castillo, 2011).

Dentro de este contexto, el oasis de Calama constituye un punto clave para discutir los alcances que tuvo la interacción social y el intercambio económico durante el período Formativo. Esta localidad destaca por concentrar importantes sitios funerarios, tales como: el sitio Topater-1 (2320±40 AP; Labarca y Gallardo, 2015) y Regimiento Chorrillos (2590±40 AP; González y Westfall, 2010). En relación al cementerio Topater-1, cabe mencionar que entre las ofrendas recuperadas se registran diversos productos foráneos que proporcionan pruebas del intenso intercambio que existió dentro y fuera de la región, y que sugieren una filiación con el noroeste argentino, las quebradas tarapaqueñas y la desembocadura del río Loa en el área costera de Caleta Huelén (Ayala, 2001; Cases, 2000; Agüero y Cases, 2004; Labarca y Gallardo, 2015). En este sitio, la presencia de algunos componentes provenientes de la costa del Pacífico ha sido precisada a partir de la abundancia inusual de restos malacológicos en forma de valvas completas o cuentas de collar asociadas a entierros colectivos y fardos funerarios, destacando la presencia de loco (*Concholepas concholepas*) con pigmentos en su interior, ostión del norte (*Argopecten purpuratus*), y caracoles marinos (*Felicioliva peruviana, Fissurella* sp.) (Castillo, 2011; Thomas. et al. 1995). Sin embargo, los restos ictiológicos de Topater-1 están reducidos a una sola especie, la anchoveta (*Engraulis ringens Jenyns*, 1842; Gallardo, 2017; Ballester et al. 2019).

Lo anteriormente descrito difiere parcialmente del fenómeno que se registra en el Cementerio Regimiento Chorrillos, ubicado en el mismo oasis, donde los elementos provenientes de la costa incluyen numerosos restos ictiológicos, específicamente vértebras o porciones postcraneales (Castillo, 2011), pudiendo ser estos indicativos de prácticas de consumo por parte de la población local. Por su parte, los restos ictiológicos están integrados dentro de los contextos mortuorios como parte importante de los ajuares (p.e. cuentas de concha y recipientes-morteros).

Las especies más comunes del ciclo del pescado eran el jurel *Trachurus murphyi Nichols*, 1920, y la corvina *Cilus gilberti* (Abbott, 1899), identificaciones basadas principalmente en restos vertebrales encontrados en las rutas de tránsito, en basurales de los principales centros residenciales de la región y en las ofrendas de contextos fúnebres (Castillo, 2015; Castillo, et al. 2017; Ballester, et al. 2019). De las 34 especies de peces identificadas de restos esqueléticos la gran mayoría son peces litorales, aunque también hay especies pelágicas como atunes y tiburones (Ballester, et al. 2019). También hay un importante registro de peces de pequeña

envergadura como la anchoveta *Engraulis ringens* y de machuelo *Ethmidium maculatum* (Valenciennes en Cuvier y Valenciennes, 1847). Todas las especies de peces determinadas de sitios arqueológicos han sido identificadas en base a restos de huesos, habiendo solo una especie registrada de cuerpo completo, la anchoveta (Gallardo, 2017).

En el año 2005 dos fotografías fueron enviadas a BDH con el propósito de identificar un ejemplar completo encontrado en el cementerio de Topater, Calama. Debido a la baja resolución de las fotografías sólo se logró confirmar que era un ejemplar de pejerrey. Sin embargo, el trabajo de Ballester et al. (2019) no menciona ningún ejemplar de pejerrey, a pesar de haber estudiado restos ícticos de Topater.

Actualmente se reconoce la presencia de ocho especies de pejerreyes en aguas continentales, marinas y estuariales de Chile continental, pertenecientes a los géneros *Basilichthys* Girard, 1855 y *Odontesthes* Evermann y Kendall, 1906 (Dyer 1997, 2000, 2006). En la región del Norte Grande de Chile hay dos especies de aguas continentales del género *Basilichthys*, una especie endémica del río Loa (en proceso de descripción) y *B. semotilus* Cope, 1874, hallada en el río Lluta. Ésta última especie está presente en ríos de cuencas occidentales del Perú desde el río Reque (Lambayeque, 7° LS) hasta el río Lluta (Arica, 18° 25' LS). La única otra especie de pejerrey hallada en el Norte Grande es la especie litoral marina *Odontesthes regia* Humboldt, 1821, cuyo rango de distribución es desde el norte de Perú (Piura, 5° LS) hasta el archipiélago de los Chonos por el sur (Aysén, 46° LS) (Dyer y Gosztonyi, 1999). Otros pejerreyes de aguas continentales con distribución actual más distante son: el pejerrey de río *B. microlepidotus* (Jenyns, 1841) encontrado desde el río Huasco, 28° 30' LS, hasta la isla Grande de Chiloé, 42° LS; el pejerrey estuarial o cauque del norte *O. brevianalis* (Günther, 1880) desde La Serena, 30° LS, hasta la isla Grande de Chiloé, 42° LS; el pejerrey del Maule o pejerrey de río *O. mauleanum* (Steindachner, 1896) en ríos y lagos desde la cuenca del río Maule, 35° 20' LS, hasta la cuenca del río Maullín, 41° 30' LS; y el pejerrey patagónico *O. hatcheri* (Eigenmann 1909) presente en Chile en el río Baker, 47° LS, región de Aysén (Dyer, 2000).

El propósito de este trabajo es identificar hasta especie el ejemplar de pejerrey hallado en el cementerio de Topater-1 (Fig. 1), Calama, a 140 km al interior de la costa litoral de Cobija.

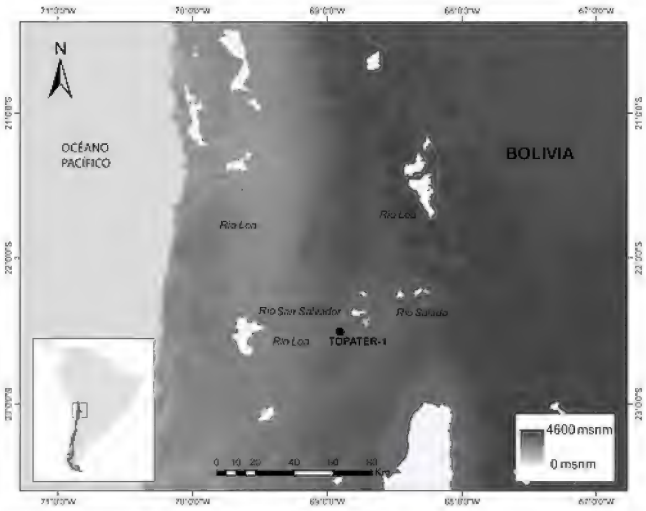


Figura 1. Mapa del desierto de Atacama y de la ubicación del cementerio Topater-1.

METODOLOGÍA

El ejemplar de pejerrey hallado en el cementerio de Topater-1 y registrado con el número 2295 del Museo de Historia Natural y Cultural del Desierto de Atacama (Fig. 2), en Calama, fue trasladado por mano a Valparaíso por uno de los autores (CQR) para ser estudiado con mayor detalle de lo que permitían las fotografías enviadas originalmente. El ejemplar fue fotografiado con una cámara Canon EOS 800D con objetivos macro de 60mm y 100mm, realizando un ahorquillado de enfoque con el software Helicon Remote v3.9.7, ensamblando las imágenes con Helicon Focus v7.0.2, y modificando las fotografías en Photoshop CC 2017. Las composiciones de las figuras se realizaron en Illustrator CC 2017 y el mapa en ArcMap v10.1. Se usó una lupa Zeiss Stemi SV11 para la inspección morfológica externa de escamas, huesos, aletas y sus conteos merísticos. El estudio comparativo con otras especies de pejerreyes fue hecho basado en datos no publicados de BDH.

Figura 2: Ejemplar de pejerrey MUHNCAL 2295 del cementerio Topater-1. **A**, vista lateral izquierda. **B**, vista dorsal. Se indican con flechas la inserción de la primera y segunda aletas dorsales y aleta anal.

RESULTADOS

El ejemplar MUHNCAL 2295 (Fig. 2) del cementerio de Topater-1 está en un muy buen estado de conservación, de cuerpo y cabeza completo con escamas cicloideas y aletas muy poco deterioradas (Fig. 2A). El cuerpo retiene forma o contorno fusiforme general, aunque algo deformado por la desecación y un poco doblado hacia la izquierda (Fig. 2B). La forma es más convexa ventralmente y más plana dorsalmente, con la primera aleta dorsal en la mitad del cuerpo (Fig. 2A). Debajo de la aleta pectoral izquierda tiene una abertura que deja expuesta la cavidad peritoneal (Figs. 2–3). El pedúnculo caudal está quebrado detrás de la aleta anal, pero sin estar desprendido (Fig. 2B). La cabeza está sin órbitas, visibilizando el cristalino adherido al nervio óptico, el hueso paraesfenoides intacto y los huesos suboculares o endopterigoides (Fig. 3A). El borde posterior del opérculo está algo deteriorado pero sin exponer las branquias (Figs. 2–3A). En el lado izquierdo del cuerpo tiene adherido escamas de otra especie, posiblemente de anchoveta.

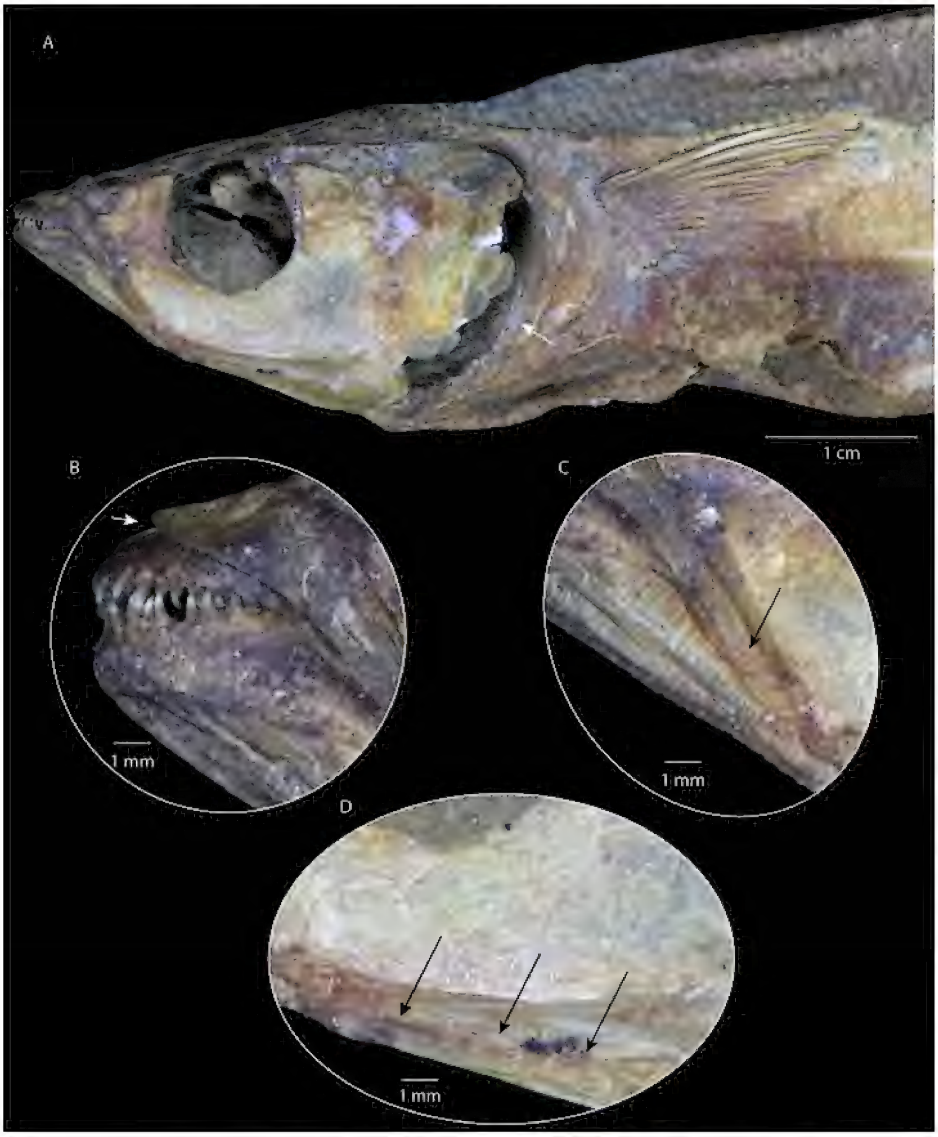


Figura 3:
Ejemplar de pejerrey MUHNCAL 2295 del cementerio Topater-1 en detalle vista lateral. **A,** vista lateral izquierda de la cabeza y aleta pectoral, con flecha que indica escamas en el cleitro. **B,** detalle del hocico con flecha que indica pliegue entre premaxilar y maxilar. **C,** flecha indica pliegue del ligamento labial. **D,** detalle de la región subocular con flechas indicando escamas interoperculares.

Las mandíbulas orales tienen igual extensión anterior (isognatos) con boca cerrada (Figs. 2–3A). La mandíbula superior tiene ausencia de un freno en la región dorsal del hocico (Figs. 3A–B, 4A–B) y la piel está plegada entre los huesos premaxilar y maxilar tanto lateral como dorsalmente, de manera que el adelantamiento del hueso premaxilar no es limitado durante la apertura de la boca (Figs. 3A–B, 4A-B). Los dientes de las mandíbulas orales son de igual tamaño distribuidos en dos filas irregulares (Fig. 3A–B) y, aunque el ejemplar está disecado, se ve el ligamento labial como un pliegue ancho que envuelve el extremo distal de los huesos maxilar y premaxilar, en su conexión con el proceso coronoides del dentario en la mandíbula inferior (Fig. 3A, C). En la región suborbital hay tres filas de escamas debajo del ojo y el hueso interopercular está con escamas en toda su extensión (Fig. 3D). La superficie lateral del proceso ventral del cleitro tiene escamas grandes y pequeñas (Fig. 3A). Las escamas interorbitales de la cabeza están imbricadas normalmente, es decir, con el margen posterior libre (Fig. 4A).

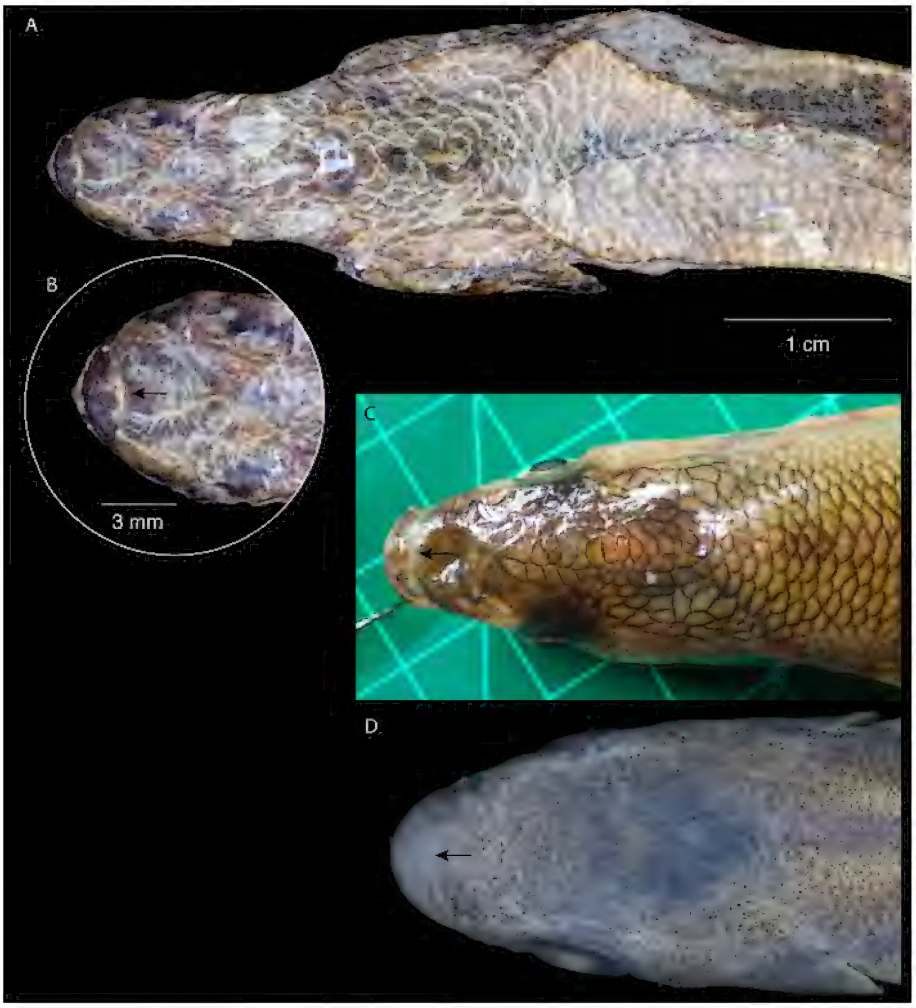


Figura 4:
Vista dorsal de la cabeza de especies de pejerreyes. **A,** ejemplar de pejerrey MUHNCAL 2295 del cementerio Topater-1. **B**, detalle del extremo anterior del ejemplar MUHNCAL 2295. **C,** ejemplar de la especie *Odontesthes mauleanum* (CC2941, río Callecalle, Valdivia; gentileza C. Correa). **D,** ejemplar de *Basilichthys* sp. (MHNV 3265, río Loa, Calama).

En el cuerpo, el número de filas de escamas dorsales (entre las franjas plateadas a cada lado del cuerpo) son trece y el número de filas entre la estola y la segunda aleta dorsal son cuatro. El número de escamas en la estola sobre la aleta anal no está claro (dos al menos) debido a que la franja plateada no está bien delimitada. La primera aleta dorsal tiene cinco espinas flexibles, de igual longitud que la primera espina de la segunda aleta dorsal y su origen es sobre el extremo posterior de las aletas pélvicas (Fig. 2A). La segunda aleta dorsal tiene una espina corta y doce radios y su origen está sobre la mitad de la aleta anal (Fig. 2A). La aleta anal tiene una espina corta y tiene 16 radios, el último de los cuales está a la misma altura del último de la segunda aleta dorsal.

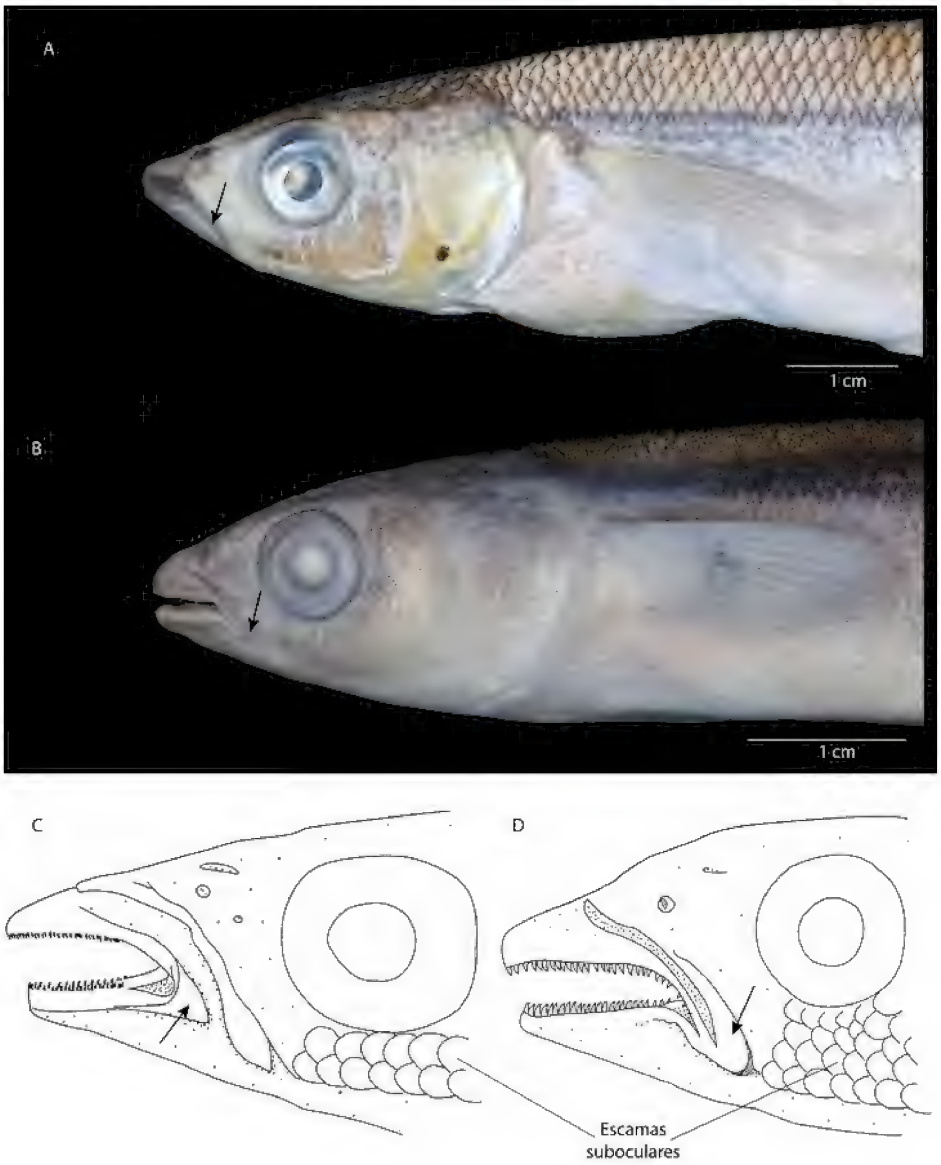


Figura 5:
Vista lateral de la cabeza de especies de pejerreyes contemporáneos. **A,** ejemplar de *Odontesthes regia* (MHNV 3264, caleta Portales, Valparaíso). **B,** ejemplar de *Basilichthys* sp. (MHNV 3265, río Loa, Calama). **C,** diagrama de *Odontesthes bicudo* (UMMZ 221328). **D,** diagrama de *Basilichthys semotilus* (UMMZ 217957).

DISCUSIÓN

Basado en las observaciones de morfología externa y conteos merísticos descritos arriba, las siguientes características presentes en el ejemplar de pejerrey de Topater-1 diagnostican su pertenencia en el género Odontesthes (Tabla 1): la ausencia de un freno dorsal de la mandíbula superior (Figs. 3A–B, 4A–B), las escamas interorbitales de la cabeza tienen imbricación normal (borde posterior libre, Fig. 4A), el ligamento labial ancho (Fig. 3C), el proceso ventral del cleitro con escamas grandes y pequeñas en su cara lateral (Fig. 2A, 3A) y las espinas flexibles de la primera aleta dorsal son de igual o mayor longitud que la espina de la segunda aleta dorsal (Tabla 1). Todas estas características son propias del género *Odontesthes* y por tanto descartan la posibilidad que fuese un ejemplar del género *Basilichthys* de origen local (río Loa) u otra cuenca hidrográfica cercana. Tampoco hay registro de presencia actual o pasada de alguna especie del género *Odontesthes* en el río Loa.

CARACTERES	*Basilichthys*	*Odontesthes*	Pejerrey Topater
Freno en mandíbula superior	Presente	Ausente	Ausente
Ligamento labial	Reducido	Ancho	Ancho
Escamas interorbitales	Imbricación invertida	Imbricación normal	Imbricación normal
Escamas en el cleitro	Ausentes	Presentes	Presentes
Espinas flexibles de la primera aleta dorsal	De menor longitud que espina de segunda aleta dorsal	De igual longitud o mayor a espina de segunda aleta dorsal	De igual longitud que espina de segunda aleta dorsal

Tabla 1: Características anatómicas externas del pejerrey Topater-1 MUHNCAL 2295 comparadas con caracteres de los géneros *Basilichthys* y *Odontesthes*.

CARACTERES	Especies de Odontesthes	O. hatcheri	O. regia	O. brevianalis	pejerrey Topater
Escamas	En el interopérculo	En todo el largo	En todo el largo	Solo mitad posterior	En todo el largo
	En el cleitro	Grandes	Grandes y pequeñas	Grandes	Grandes y pequeñas
	Entre radios en base anterior de aleta anal	Presente	Ausente	Presente	Ausente
	Predorsales	Lisas	Lisas	Crenadas	Lisas
	Nº filas Dorsales	15-16	14-19	14-15, 17-20	13
Número de radios de aletas	Dorsal 1	4-7	5-9	5-7	5
	Dorsal 2	10-13	9-13	10-12	12
	Anal	15-19	15-20	13-16	16-17
Mandíbula	Prognatismo de mandíbula	Mandíbula superior	Isognato	Mandíbula superior	Isognato
	Dientes en Md inferior	> 4 filas, dientes igual tamaño	2 filas, dientes igual tamaño	2 filas, dientes igual tamaño	2 filas, dientes igual tamaño

Tabla 2: Características anatómicas externas del pejerrey de Topater-1 MUHNCAL 2295 y tres especies del género *Odontesthes* en Chile.

Dado las características mencionadas arriba, los caracteres morfológicos externos de escamas, huesos y aletas del pejerrey de Topater-1, fueron comparados con otras tres especies del género *Odontesthes* presentes actualmente en Chile (Tabla 2) y que fueron considerados, por diferentes razones, potenciales candidatos a ser la especie del pejerrey de Topater-1. *Odontesthes brevianalis* es actualmente una especie que se encuentra en estuarios y desembocaduras de ríos a lo largo de Chile y cuya presencia más meridional es Punta Teatinos, Coquimbo. Es posible que históricamente su límite de distribución haya sido más al norte y el ejemplar de Topater-1 haya sido capturado en la desembocadura del río Copiapó o en la caleta Huelén del mismo río Loa. Este análisis comparativo incluyó también la especie de pejerrey patagónico (*O. hatcheri*) a pesar de estar actualmente presente en Chile muy al sur en el río Baker, región de Aysén. Sin embargo, su distribución en la Patagonia Argentina tiene un amplio rango latitudinal, desde el río Santa Cruz hasta la región de Cuyo (Dyer, 2000). Hay registros precolombinos del consumo de esta especie en aguas continentales de Argentina por los indígenas huarpes, especialmente en la confluencia de los ríos San Juan y Mendoza (32° LS) donde se formaban las lagunas de Guanacache (Corbat, et al. 2015). Sus peces (truchas del

género *Percichthys* Girard, 1855, y pejerrey (*O. hatcheri*) tenían gran fama en tiempos coloniales por la gran productividad, tamaño y sabor de los peces que eran trasladados por largas distancias como charqui, incluso hasta Santiago (Rosales, 1674:174v). Cabe la posibilidad que el ejemplar de Topater-1 haya sido transportado por rutas comerciales desde San Juan hasta Calama en tiempos prehispánicos. La tercera especie es el pejerrey de mar *Odontesthes regia*, presente en el litoral de Cobija y desembocadura del río Loa, sitios de pesca y producción de pescado seco para su traslado a valles interiores del desierto de Atacama (Ballester, et al. 2019).

Del análisis comparativo con las especies *O. brevianalis*, *O. regia* y *O. hatcheri*, los caracteres que mejor resuelven la identidad del ejemplar de Topater-1 son: la presencia de mandíbulas isognatas, base de aleta anal sin fila de escamas entre radios, y escamas grandes y pequeñas en la superficie externa del proceso ventral del cleitro. Estos caracteres son compartidos solamente con *O. regia* (Tabla 2). Todas las demás características revisadas son compartidas con todas o alguna de las otras dos especies (Tabla 2). Las especies *O. hatcheri* y *O. brevianalis* tienen la mandíbula superior prognata y protrusión de la mandíbula en dirección anterior y ventral, mientras que *O. regia* tiene protrusión hacia adelante solamente. El ejemplar de Topater-1 tiene escamas de borde posterior liso (Fig. 6), como en *O. hatcheri* y *O. regia*, sin embargo *O. brevianalis* tiene las escamas con el borde posterior irregular o crenado (Fig. 6).

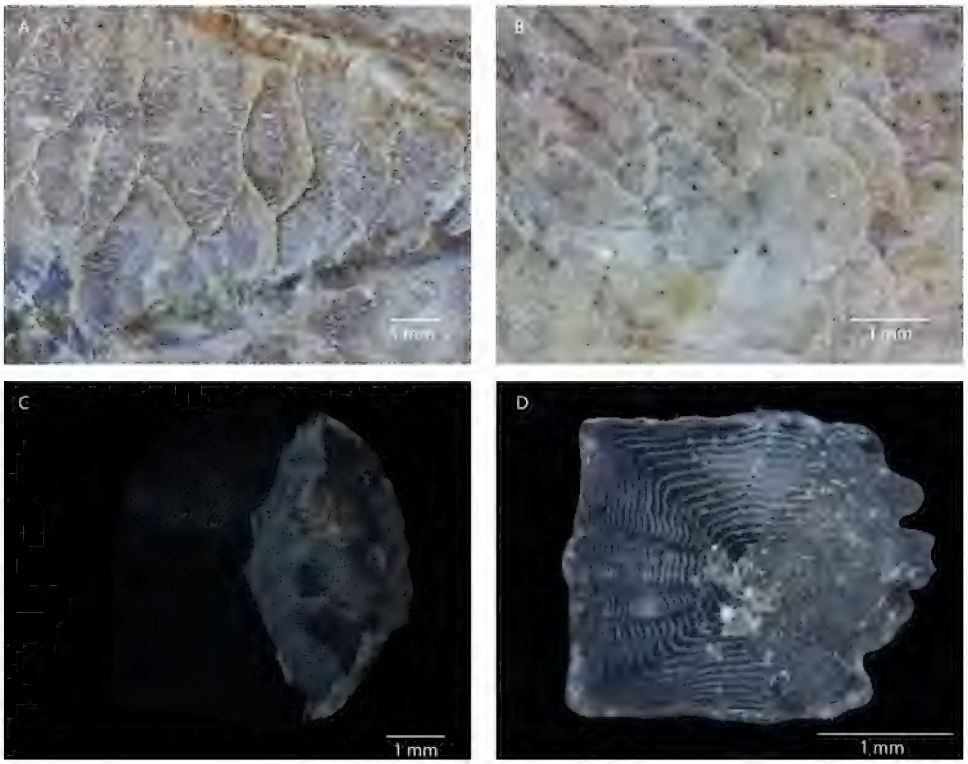


Figura 6: Escamas en especies de pejerreyes. **A,** escamas de la región predorsal del ejemplar MUHNCAL 2295 del cementerio Topater. **B,** escamas de la región caudal del ejemplar MUHNCAL 2295 del cementerio Topater. **C,** escamas de *Odontesthes hatcheri* (MHNV 274) con borde posterior liso. **D,** escamas de *O. brevianalis* (MHNV 211) con borde posterior crenado.

Hay caracteres anatómicos más resolutivos a nivel de especie que son observables en ejemplares frescos, o preservados en alcohol o formalina, pero que en este ejemplar nos están visibles. Sin disección adicional nos referimos al número de branquispinas del primer arco branquial o la presencia de parches de dientes en el paladar anterior (prevómer). Con disección, tinción y diafanización, Rayos X o tomografía computarizada, se pueden observar varios otros caracteres internos de las vértebras caudales anteriores que otorgarían evidencia confirmatoria a la identificación de la especie del pejerrey de Topater. Otra alternativa para confirmar la identidad taxonómica sería la extracción de ADN y secuenciando algún gen mitocondrial, sin embargo, esto plantea la necesidad de utilizar técnicas de ADN antiguo (e.g. Silva, et al. 2019).

El panorama de interacción costa-interior tiende a complejizarse un poco más a medida que se integran nuevas líneas de evidencia, ya que los recientes estudios de isótopos estables (Pestle, et al. 2015) nos plantean que para el área del oasis de Calama, se atestigua la presencia de individuos que caen entre los extremos costeros e interiores de los respectivos valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$. Este fenómeno es particularmente pronunciado en otro sitio formativo presente en la misma área: el sitio de Villa Chuquicamata, donde 7 de los 12 (58%) individuos tienen valores que indican una dieta en base a proteína marina. Este hallazgo, en un sitio alejado unos 140 km de la costa más cercana, es digno de mención por sí mismo, pues ante ello, surgen dos posibles respuestas: la primera postula que los sitios de Calama parecen estar cumpliendo un papel nodal para la población y el intercambio, y la otra postula que los sitios en la costa parecen haber producido un excedente de recursos que luego pudieron moverse hacia el interior, destacando su participación activa y su agencia en los patrones de intercambio regional. La existencia de un único ejemplar de la especie *O. regia* en todos los registros arqueológicos del periodo Formativo deja abierta la hipótesis de si efectivamente esta especie fue utilizada como ítem de alimentación, o bien, fue utilizado como ofrenda funeraria o de relaciones simbólicas de los peces, lo que podría ser respondido utilizando técnicas basadas en isótopos estables (e.g. Pestle, et al. 2015).

CONCLUSIONES

El pejerrey de Topater-1 es una especie del género *Odontesthes* al carecer de un freno dorsal de la mandíbula superior (Fig. 3B, 4A–B) y, por tanto, debiera presentar protrusión premaxilar, es decir, adelantamiento del hueso premaxilar durante la apertura de la boca. Otro carácter que refuerza esta conclusión es el ancho ligamento labial que se aprecia como tal a pesar de estar disecado (Fig. 3C). Las escamas son también informativas, como son la presencia de escamas interorbitales con imbricación normal (Fig. 4A) y escamas presentes en el proceso ventral del cleitro (Fig. 4B). En cuanto a las aletas, las espinas flexibles de la primera aleta dorsal son iguales o más largas que la primera espina de la segunda aleta dorsal. Todas estas características distinguen Odontesthes de Basilichthys y confirman a este ejemplar como miembro del género *Odontesthes* (Tabla 1).

El pejerrey de Topater-1 fue comparado con tres especies actuales de *Odontesthes*: el pejerrey de mar (*O. regia*), el pejerrey estuarial (*O. brevianalis*) y el pejerrey patagónico (*O. hatcheri*). Se pudo determinar que *O. regia* tiene el mejor ajuste de caracteres, siendo ellas el isognatismo de las mandíbulas y escamas grandes en la superficie externa del proceso ventral del cleitro junto a escamas más pequeñas sobrepasando en el

reborde posterior. Otro carácter es la ausencia de filas de escamas entre los primeros radios en la base de la aleta anal.

La presencia de un ejemplar de pejerrey de cuerpo completo y en buen estado de conservación en el cementerio de Topater-1 añade una segunda especie en esas condiciones a la lista de peces del "ciclo del pescado". La primera corresponde a la anchoveta, especie encontrada en similares condiciones en el mismo cementerio. Al ser especies de tamaño pequeño no parecen ser parte del ciclo del pescado con fines alimenticios, sino que formarían parte del ciclo pero con otros fines más bien simbólicos, como el de ser usadas como ofrendas funerarias.

Las evidencias arqueológicas recuperadas de estos contextos funerarios, y especialmente lo que respecta al ejemplar registrado en el cementerio Topater-1, introducen un punto de tensión a la propuesta inicial del ciclo económico del pescado (Castillo, 2015) en tanto remiten a una posible connotación más bien simbólica de los peces durante el periodo Formativo Medio, la cual excede el valor alimenticio de estos recursos. Bajo esa premisa, resulta interesante replantear la agencia de las poblaciones costeras en la construcción de las relaciones simbólicas y económicas que caracterizan la complejidad formativa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de forma especial la encargada de colecciones del Museo de Calama, Jannice Rojas quien empacó el ejemplar para su traslado a Valparaíso y ha provisto de información adicional en fichas y documentos; a Anabell Lafuente (curadora jefe del MHNV) y a Francisco Llanquín-Rosas quien diseñó la Figura 1. CQR agradece al Núcleo Milenio INVASAL, Concepción, y al proyecto Fondecyt iniciación N° 11181259.

LISTA DE ESPECÍMENES ANALIZADOS

MUHNCAL 2295 *Odontesthes regia*. Localidad: Calama. Colector: NN, encargado de excavación, George Serracino. Fecha: Diciembre, 1985.

MHNV 3264 *Odontesthes regia*. Localidad: Caleta Portales, Valparaíso. Colector: Claudio Quezada. Fecha: 26/IX/2020.

MHNV 3265 *Basilichthys* sp. Localidad: Quebrada Ojo de Opache, río Loa. Colector: Claudio Quezada. Fecha: 14/XII/2019.

MHNV 211 *Odontesthes brevianalis*. Localidad: Río La Ligua, sector Salinas de Pullalli. Colector: Brian Dyer Fecha: 18/2/2000.

MHNV 274 *Odontesthes hatcheri*. Localidad: Laguna Pellegrini, Río Negro, Argentina. Colector: Brian Dyer. Fecha: 23/II/1990.

UMMZ 221328 *Odontesthes bicudo*. Localidad: Lagoa Emboaba, Tramandaí, R.S., Brasil. Colector: SM Hartz, C Fialho, W Brus. Fecha: 17/VI/1989.

UMMZ 217957 *Basilichthys semotilus*. Localidad: Río Sama, unos 20 km río abajo de Coruca, Tacna, Perú. Colector: Brian Dyer. Fecha: 4/VIII/1988.

BIBLIOGRAFÍA

Abbott, JF. 1899. The marine fishes of Peru. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 51: 324-364.

Agüero, C. y Cases, B. 2004. Quillagua y los textiles formativos del Norte Grande de Chile. Chungará, (36): 599-617.

Ayala, P. 2001. Las sociedades formativas del Altiplano Circum-titicaca y Meridional y su relación con el Norte Grande de Chile. Estudios Atacameños 21: 7-39.

Ballester, B., Calás, E., Labarca, R., Pestle, W., Gallardo, F., Castillo, C., Pimentel, G., y Oyarzo, C. 2019. The ways of fish beyond the sea: fish circulation and consumption in the Atacama desert, northern Chile, during the Formative period (500 cal B.C.-700 cal A.D.). Anthropozoologica (54): 55-76. https://doi.org/10.5252/anthropozoologica2019v54a6. http://anthropozoologica.com/54/6

Benavente, A. 1982. Chiu-Chiu 200. Una comunidad pastora temprana en la provincia del Loa (II Región). Actas del IX Congreso Nacional de Arqueología Chilena: 75-94, La Serena, Chile.

Cases, B. 2000. Textiles formativos de la cuenca del Loa y de Atacama. En Actas XIII Reunión Anual Comité Nacional de Conservación Textil pp 35-43. Santiago.

Castillo, C. 2015. El ciclo económico del pescado en el Formativo medio en la región de Antofagasta, norte de Chile: análisis ictiológico del sitio Aldea San Salvador, En: Actas del XIX Congreso Nacional de Arqueología Chilena. UTA-SCHA, Arica, pp. 401-404.

Castillo, C., Ballester, B., Calás, E., Labarca, R. y Gallardo, F. 2017. La ruta de los peces más allá del litoral: sobre el ciclo del pescado seco en el desierto de Atacama (periodo Formativo), En: Monumentos funerarios de la costa del desierto de Atacama. Los cazadores-recolectores marinos y sus intercambios (500 A.C.-700 D.C.). (Gallardo F., Ballester B. y Fuenzalida N.) CIIR & SCHA, Santiago, pp. 55-65.

Cope, ED. 1874. Description of some species of reptiles obtained by Dr. John F. Bransford, Assistant Surgeon United States Navy, while attached to the Nicaraguan surveying expedition in 1873. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 26: 64-72.

Corbat, M., Cahiza, P., García-LLorca, J. y Gil, A. 2015. Explotación de peces en Lagunas de Guanacache. Altos de Melién II. Archaeofauna (24): 135-151.

Cuvier, G. y Valenciennes, A. 1847. Histoire naturelle des poissons. Tome vingtième. Livre vingt et unième. De la famille des Clupéoïdes. v. 20: i-xviii + 1 p. + 1-472, Pls. 591-606.

Dyer, BS. 1997. Phylogenetic revision of Atherinopsinae (Teleostei, Atherinopsidae), with comments on the systematics of the South American freshwater genus Basilichthys Girard. Misc. Publ., Mus. Zool. Univ. Michigan, Ann Arbor, 187: 1-64, 46 figs., appndx. 1-3.

Dyer, BS. 2000. Revisión sistemática de los pejerreyes de Chile (Teleostei, Atheriniformes). Estudios Oceanológicos 19:99-127.

Dyer, BS. 2006. Systematic revision of the South American silversides (Teleostei, Atheriniformes). Biocell 30(1): 69-88.

Dyer, BS. y Gosztonyi, A. 1999. Systematic revision of the South American subgenus Austromenidia

(Teleostei, Atherinopsidae, Sorgentinini), and a study of meristic variation. Revista Biología Marina y Oceanografía, 34(2): 211-232.

Eigenmann, CH. 1909. The Fresh-water fishes of Patagonia and an examination of the Archiplata-Archhelenis Theory. En: Reports of the Princeton University Expeditions to Patagonia, 1896-1899, Zoology. v. 3 (pt 3): 225-374, Pls. 30-37.

Evermann, BW. y Kendall, WC. 1906. Notes on a collection of fishes from Argentina, South America, with descriptions of three new species. Proceedings of the United States National Museum v. 31 (no. 1482): 67-108.

Girard, CF. 1855. Abstract of a report to Lieut. Jas. M. Gilliss, U. S. N., upon the fishes collected during the U. S. N. Astronomical Expedition to Chili. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia v. 7: 197-199.

González, C. y Westfall, C. 2010. Cementerio Regimiento Chorrillos de Calama: testimonios funerarios formativos en el Loa Medio, región de Antofagasta. En Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena, Tomo I. Kultrún, Valdivia: 95-105.

Günther, A. 1880. Report on the shore fishes procured during the voyage of H. M. S. Challenger in the years 1873-1876. En: Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger during the years 1873-76. Zoology. v. 1 (pt 6): 1-82, Pls. 1-32.

Humboldt, FHA. von y Valenciennes, A. 1821. Recherches sur les poissons fluviatiles de l'Amérique Équinoxiale. En: Voyage de Humboldt et Bonpland, Deuxième partie. Observations de Zoologie et d'Anatomie comparée. Paris. v. 2 (Página de título 1833): 145-216, Pls. 45-52.

Jenyns, L. 1840-42. Fish. En: The zoology of the voyage of H. M. S. Beagle, under the command of Captain Fitzroy, R. N., during the years 1832 to 1836. London: Smith, Elder, and Co. Issued in 4 parts. i-xvi + 1-172, Pls. 1-29.

Labarca, R. y Gallardo, F. 2015. The domestic camelids (Cetartiodactyla: Camelidae) from the Middle Formative Cemetery of Topater 1 (Atacama Desert, northern Chile): osteometric and palaeopathological evidence of cargo animals. International Journal of Osteoarchaeology, 25(1), pp 61-73.

Nichols, JT. 1920. A key to the species of Trachurus. Bulletin of the American Museum of Natural History v. 42 (art. 13): 477-481.

Pestle, WJ., Torres-Rouff, C., Gallardo, F., Ballester, B. y Clarot, A. 2015. Mobility and exchange among marine hunter-gatherer and agropastoralist communities in the formative period Atacama desert. Current Anthropology, 56(1), 121-133.

Núñez, L., Cartajena, I., Carrasco, C., P. De Suoza y Grosjean, M. 2006. Emergencia de comunidades pastoralistas formativas en el sureste de la puna de Atacama. Estudios Atacameños 32: 93-117.

Núñez, L., De Souza, P., Cartagena, I. y Carrasco, C. 2007. Quebrada Tulán: evidencias de interacción circumpuneña durante el formativo temprano en el Sureste de la Cuenca de Atacama. En: Producción y circulación prehispánicas de bienes en el sur andino, Carlos Aschero (Ed.), pp.287-304, Editorial Brujas Córdoba.

Rosales, D de. 1674. Historia general del Reino de Chile, Flandes Indiano, manuscrito conservado en el Archivo Nacional de Chile, Fondo Vicuña Mackenna, signatura 306 II y III. Libro 2, capítulo 20, Nº 11.

Silva, PC., Malabarba, MC., Vari, R. (In memoriam) y Malabarba, LR. 2019. Comparison and Optimization for DNA Extraction of Archived Fish Specimens. MethodsX 6: 1433–42. https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.06.001.

Soto, C. 2015. Distribución y significado de los restos malacológicos en la fase Tilocalar (3130-2380 AP), quebrada Tulan (salar de Atacama, norte de Chile). Estudios Atacameños, 51: 53-75.

Steindachner, F. 1896. Ueber zwei neue Chirostoma-Arten aus Chile. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien v. 11: 231-232.

Thomas, C., Benavente, A., Cartajena, I. y Serracino, G. 1995. Topater, un cementerio temprano: una aproximación simbólica. Actas del XIII Congreso Nacional de Arqueología Chilena, Hombre y Desierto 9, Tomo 2: 159-173.

Investigaciones Históricas

Grabado *Valparaíso* 1840, dibujado por Petit y grabado por Cholet, adquirido en Le Vogage en papier – Marc Dechow.
N° de inventario BJJ-0004, colección arte, fotografía y grabados, Biblioteca Científica Museo de Historia Natural de Valparaíso.

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO
Volumen 33, 2020
Investigaciones Históricas

Mantas, ponchos y mantones en la colección fotográfica Teodoro Kuhlmann Steffens.

Angela Herrera Paredes*

RESUMEN

El Museo de Historia Natural de Valparaíso resguarda entre sus colecciones un importante acervo documental denominado Colección fotográfica Teodoro Kuhlmann Steffens. Los estudios sobre la colección han ilustrado la actividad de Teodoro Kuhlmann como fotógrafo aficionado y la descripción general de las imágenes, pero no se ha planteado un análisis de las fotografías respecto de su contribución sobre el conocimiento de la indumentaria de hombres y mujeres, específicamente del uso de mantas, ponchos y mantones que aparecen registradas como un elemento de vestuario de uso cotidiano en contextos urbanos y rurales en la primeras décadas del siglo XX. A partir de lo anterior, este artículo analiza la colección Teodoro Kuhlmann como fuente documental, entregando una aproximación de las características formales de mantas, ponchos y mantones usados por hombres y mujeres, además aporta con conocimiento sobre estas piezas de vestuario producidas a inicios del 1900. Por otra parte, se entregan datos que pueden servir para contrastar piezas textiles similares que estén resguardadas en museos o centros de conservación y aportar referencias para una aproximación de datación y caracterización iconográfica de estos objetos.

PALABRAS CLAVES: mantas, ponchos, mantones, vestuario, fotografía, Teodoro Kuhlmann.

ABSTRACT

Natural History Museum of Valparaíso protects among its collections an important documen-

* Diseñadora Mención Textil, Magíster en Gestión del Patrimonio Cultural, Académica Titular de la Escuela de Diseño de la Universidad de Valparaíso, Chile. angela.herrera@uv.cl

tary collection called the Teodoro Kuhlmann Steffens Photographic Collection. Studies on the collection have illustrated the activity of Teodoro Kuhlmann as an amateur photographer and the general description of the images, but an analysis of the photographs has not been proposed regarding their contribution on the knowledge of the clothing of men and women, specifically the use of blankets, ponchos and shawls that appear registered as an element of clothing of daily use in urban and rural contexts in the first decades of the 20th century. From the above, this article analyzes the Teodoro Kuhlmann collection as a documentary source, providing an approximation of the formal characteristics of blankets, ponchos and shawls used by men and women, and also provides knowledge about these pieces of clothing produced in the early 1900s. Also, data are provided that can be used to contrast similar textile pieces that are protected in museums or conservation centers and provide references for an approximation of the dating and iconographic characterization of these objects.

KEY WORDS: blankets, ponchos, shawls, clothing, photography, Teodoro Kuhlmann.

INTRODUCCIÓN

El Centro de Conservación de Textiles (CCTex), adscrito a la Escuela de Diseño, Universidad de Valparaíso, conserva, investiga y difunde el patrimonio textil catalogado en dos tipologías de fondos: Vestuario y ornamentos litúrgicos y Vestuario y accesorios civiles. En este último fondo se identifican seis piezas correspondientes a tres mantones de mujer, una manta de hombre y dos ponchos, uno de niño y otro de adulto, todos producidos durante el siglo XX. A partir de estas seis piezas se programa la exposición "Mantas y ponchos del siglo XX", el cuál contó con el desarrollo de un proceso de revisión bibliográfica y de documentación para contextualizar el uso de estos objetos. Durante el proceso de revisión y consulta de distintas fuentes de información, se identifican una serie de fotografías que están actualmente depositadas en la biblioteca del Museo de Historia Natural de Valparaíso, y en donde se observa personas retratadas en distintas situaciones y actividades en zonas urbanas y rurales de Chile, que se presume que datan de las primeras décadas del siglo XX. Del análisis de las fotografías se desprende que en un número considerable de imágenes los hombres hacen uso de mantas y ponchos y las mujeres de mantones como prendas de abrigo. A raíz de la importancia y riqueza del registro observado en esta colección fotográfica, se plantea la realización de la investigación "Caracterización de mantas y ponchos de la colección fotográfica de Teodoro Kuhlmann Steffens" y que tiene entre sus objetivos: dinamizar el conocimiento de las colecciones que resguarda el Museo de Historia Natural de Valparaíso (MHNV) y aportar a la documentación de las colecciones del CCTex.

La colección Teodoro Kuhlmann Steffens

La colección fotográfica de Teodoro Kuhlmann Steffens conformada por más de 400 imágenes, ingresa el año 2011 a la Biblioteca Científica del MHNV. Teodoro Kuhlmann (1869-1957), nacido en Bremen, Alemania, se radica en Valparaíso en 1892, dedicando su trabajo a la firma químico farmacéutica propiedad de sus padres Daube & Cía. En la ciudad porteña desarrolló su interés por la fotografía, figurando el año 1904 como miembro de la Sociedad de Fotógrafos Aficionados de Valparaíso y que lo impulsa a habilitar un laboratorio para revelar fotografías en su residencia ubicada en el Cerro Alegre en Valparaíso.

Las temáticas identificadas en la colección Kuhlmann corresponden a retratos de la familia Kuhlmann, retratos de grupos de personas

en escenas costumbristas cotidianas, manifestaciones del comercio popular, escenas de bailes de zamacueca, lugares y catástrofes acontecidos en Valparaíso, escenas de localidades rurales de Ocoa y el Valle del Aconcagua y registros de paisajes de otras zonas del país. Las técnicas fotográficas en el revelado desarrolladas por el autor, varían entre la aplicación de gelatina de bromuro, albúmina y autocromo.

Precisiones sobre la colección Teodoro Kuhlmann

Estudios y catalogación de la colección Kuhlmann han sido realizados por el Centro Nacional del Patrimonio Fotográfico y por Eduardo Carrasco Garrido, quien ejecuta el año 2011 el proyecto Fondart "Sociedad Fotográfica de Aficionados de Valparaíso: Colección Teodoro Kuhlmann Steffens (1869-1957)", estos dos trabajos han aportado al conocimiento de la colección. Sin embargo, se debe indicar que las fotografías que componen la colección Kuhlmann no cuentan con una investigación que determine una datación precisa de año de realización de los registros y de la autoría de algunas de las imágenes. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, y según antecedentes previos, es que se desarrolló un proceso de revisión de fuentes de información y repositorios en plataformas digitales para corroborar los datos de la colección. Es en esta fase cuando se identifican documentos que permiten aportar información sobre data y autoría de algunas imágenes, que guardan directa relación con las fotografías seleccionadas para la realización de la investigación "Caracterización de mantas y ponchos de la colección fotográfica de Teodoro Kuhlmann Steffens". Se identificó que algunas de las fotografías que figuran en la colección Kuhlmann fueron publicadas en tres fuentes de información que permitiría inferir su periodo de realización, esto es entre los años 1890 a 1905. Las tres referencias corresponden a:

- Libro The Republic of Chile de Marie Robinson Wright publicado en el año 1904 donde se identifican imágenes relacionadas a las fotografías TKS-0106, TKS-0108, TKS-0109 (Figura 1).

- Serie de postales editadas por Carlos Brandt y C. Kirsinger y Cía., que poseen escritura y fechas de 1900 y 1905 y que están relacionadas a las fotografías TKS-0106, TKS-0107, TKS-0108 (Figura 1).

- Álbum Boote, Arturo W. (1861-1936). Photographe. [Recueil. Vues, types et moeurs d'Argentine et du Chili]. 1890-1900 donde se identifican imágenes relacionadas a las fotografías TKS-0106, TKS-0107, TKS-0108, específicamente en esta última se indica a Heffer como autor del registro (Figura 2).

FICHA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE PUBLICACIÓN IMÁGENES COLECCIÓN KUHLMANN

Nombre: The Republic of Chile	**Autor:** Marie Robinson Wright	**Año:** 1904

Relacionadas a Fotografías de Colección Kuhlmann -TKS-0106, TKS-0108, TKS 0109

Nombre: Postales	**Autor:** Carlos Brandt y C. Kirsinger y Cia.	**Año:** Sin identificar edición

Relacionadas a Fotografías de Colección Kuhlmann -TKS-0106, TKS-0107, TKS 0108

Figura 1: Ficha de referencia bibliográfica, Herrera, A. y Vicuña, B.

FICHA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE PUBLICACIÓN IMÁGENES COLECCIÓN KUHLMANN

Nombre: Álbum Boote, Arturo W. Photographe. [Recueil.Vues, types et moeurs d'Argentine et du Chili] 1890-1900.	**Autor:** Fotografías Heffer y otros autores sin identificar.	**Año:** 1890-1900

Relacionadas a Fotografías de Colección Kuhlmann -TKS-0106, TKS-0107, TKS 0108

Figura 2: Ficha de referencia bibliográfica, Herrera, A. y Vicuña, B.

Las diferentes fuentes de referencia expuestas anteriormente permiten corroborar lo mencionado por Carrasco E. en su trabajo de investigación, que dentro de las imágenes que componen la colección Kuhlmann algunas pueden haber sido compradas y que por lo tanto, no todo lo que está representado en la colección es de su autoría.

Mantas y ponchos, algunas consideraciones sobre su origen y uso.

Mantas y ponchos son prendas de uso extendido en el continente americano. Específicamente en Chile existe una extensa tradición de producción de objetos textiles, manifestado en una diversidad de formas y en donde están plasmados oficios y saberes de nuestros antepasados. Entre las prendas de abrigo reconocidas del vestir en el contexto nacional, se identifica el poncho y las mantas, usadas ampliamente por hombres y mujeres en el transcurso del tiempo.

La Real Academia Española (RAE) define manta como:

> **1).** f. Pieza de lana, algodón u otro material, de forma rectangular, que sirve de abrigo en la cama.
>
> **2).** f. manta, por lo común de lana, que sirve para abrigarse ocasionalmente las personas fuera de la cama.

Mantón como:

> **2).** m. Pieza cuadrada o rectangular de abrigo, que se echa sobre los hombros.

Y poncho como:

> **1).** m. Prenda de abrigo que consiste en una manta, cuadrada o rectangular, de lana de oveja, alpaca, vicuña, o de otro tejido, que tiene en el centro una abertura para pasar la cabeza, y cuelga de los hombros generalmente hasta más abajo de la cintura.

En torno al término poncho se ha desarrollado, a lo largo de los años, un debate respecto al origen de la palabra. El investigador Juan Carlos Garavaglia, plantea que el término es de origen araucano, que deriva de "ponthro", aunque este término en la cultura mapuche está reservado para las frazadas y para el objeto de lana cuadrangular con una abertura en la cabeza denominada makuñ. (Garavaglia, 2002.Citado por Eguiguren, Eguiguren , Vega, 2002).

El uso del poncho deriva de la práctica de culturas indígenas precolombinas de vestir el unku, pieza cuadrada de tela, prendida con un alfiler o espina de cactus en la zona de torso. Con el tiempo, esta pieza textil manifiesta una evolución que se concretiza finalmente en una forma básica, una pieza rectangular laminar con una abertura al centro para pasar la cabeza y que cuelga de los hombros generalmente hasta más abajo de la cintura. El poncho se va enriqueciendo en su confección dado la interpretación que van dando artesanos y productores en relación a su uso, la inclusión de decoraciones, el desarrollo de complejas técnicas de tejido que permite visualizar riquezas en texturas y elementos figurativos y la ocupación en algunos casos de materiales rústicos o más refinados (Alvarado y Guajardo, 2011).

Figura 3. La más antigua representación plástica del poncho chileno (1648) citado en Historia del Arte del Reino Chileno. Eugenio Pereira Salas, 1965.

Poncho, mantas y mantones se constituyen en una prenda enraizada en la tradición del vestir en Chile, que ha podido manifestar distintos niveles de frecuencia de uso en el tiempo (Figura 3).

Estableciendo la data aproximada de las fotografías seleccionadas de la colección Kuhlmann, esto es 1890 a 1910, se puede indicar que en ese periodo la manta, el poncho y el mantón, constituían prendas de vestuario de uso común en distintos estratos sociales. Asimismo, el análisis de las imágenes permite afirmar el uso habitual como prenda de abrigo, ponchos y mantas en los hombres y mantón en el caso de las mujeres, tanto en contextos urbanos como rurales en las primeras décadas del siglo XX.

Caraterización de mantas, ponchos y mantón representados en la colección Kuhlmann

Materiales y métodos

Para la consulta de la colección Kuhlmann, se tuvo acceso a las fotografías en formato análogo depositadas en tres cajas en la Biblioteca Científica John Juger del MHNV. Se revisaron 146 fotografías, desarrollando una selección de 14 imágenes en donde se identifica el uso de mantones, mantas y ponchos como parte de la indumentaria de hombres y mujeres. Se identificaron en total 26 piezas, distribuidas en 6 mantas, 12 ponchos y 8 mantones. En la Tabla 1 se presenta los resultados de identificación de objetos de estudios, indicando número de fotografía analizada, código de registro, la colección y contenedor de almacenamiento asignado por MHNV, y cantidad por tipología de objetos.

Nro	CODIGO	COLECCION	CONTENEDOR	MANTA	PONCHO	MANTÓN
1	TKS-0009	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	1	1 / ●		
2	TKS-0089	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3	1 / ●		
3	TKS-0092	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3		2 / ●	1 / ●
4	TKS-0097	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3	1 / ●	4 / ●	3 / ●
5	TKS-0098	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3		1 / ●	
6	TKS-0105	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3			1 / ●
7	TKS-0106	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3		2 / ●	1 / ●
8	TKS-0108	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3		1 / ●	1 / ●
9	TKS-0109	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3			1 / ●
10	TKS-0110	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3	1 / ●		
11	TKS-0111	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3		1 / ●	
12	TKS-0118	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3		1 / ●	
13	TKS-0119	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	1	1 / ●		
14	TKS-0130 A002–024	Fondo Teodoro Kuhlmann S.	3	1/ ●		
			TOTAL	6	12	8

Tabla 1. Ficha identificación de objeto de estudio, A. Herrera

La investigación contempló las etapas descritas a continuación:

- Identificación y selección de fotografías colección Teodoro Kuhlmann S.

- Ficha de registro de fotografía: corresponde a la información emanada desde el MHNV, código asignado y datos técnicos de las fotografías.

- Revisión bibliográfica para aproximar data de fotografías: corresponde a fase de consulta bibliográfica para establecer una aproximación de data de realización de registro fotográfico.

- Análisis de piezas identificadas como casos de estudio: corresponde al análisis de casos, determinando una aproximación de características técnicas, formales y compositivas.

- Ficha técnica objeto de estudio: corresponde al instrumento de registro de características técnicas, formales y compositivas de las fotografías.

- Representación técnica objeto de estudio: corresponde a diseño de representación gráfica del caso estudiado.

RESULTADOS PRELIMINARES

Documentación técnica de objeto de estudio

Situándonos en el objeto de estudio, se debe precisar sobre los términos empleados para la denominación de las prendas de vestuario identificadas en las fotografías de la Colección Kuhlmann. De acuerdo con definiciones entregadas anteriormente por la RAE, manta y poncho mantienen una base morfológica común y se definen como una pieza rectangular con una abertura al centro para pasar la cabeza. Para efectos de este estudio se denominará a manta al objeto que mantiene esta forma pero que en tamaño es más corto que el poncho, y que llega apenas un poco más abajo de la cintura. (Alvarado y Guajardo, 2011) Por otra parte, el poncho será el objeto que sobrepasa la cintura, pudiendo llegar hasta las rodillas. Por mantón se entenderá la pieza rectangular, con o sin flecos, de una gran extensión que permitirá cubrir desde los hombros y/o envolver el cuerpo de la mujer.

A continuación, se presentan las fichas descriptivas donde está representado en un dibujo técnico el/los objetos de estudios identificados en cada fotografía y una aproximación de la manufactura, de dimensiones y de composición gráfica del objeto.

Se destaca del proceso de identificación y análisis del objeto de estudio representados en las fotografías de la Colección Kuhlmann, dos ponchos que están presentes en la fotografías TKS-0106 y TKS-0108. De una observación analítica, se deduce que se trata de ponchos reversibles donde predomina por una de las caras del objeto una composición visual de dibujos figurativos y que se aleja de los diseños de otros ponchos identificados, donde predomina una composición en base a franjas y líneas de diversos grosores (Figura 4 y la Figura 5).

FICHA TÉCNICA

Institución: Biblioteca científica Museo de Historia Natural de Valparaíso

Colección: Fondo Teodoro Kuhlmann Steffens

Código: TKS-0106 **Fotografía:** Técnica albúmina, soporte papel

Tipología objeto de estudio	Manta	Poncho	Mantón
		●	

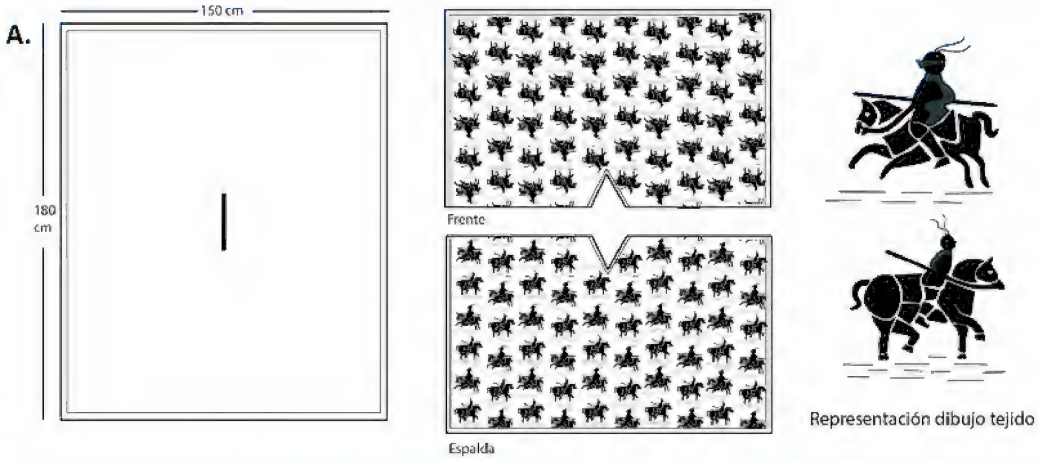
Fecha asignada a producción objeto: 1890 a 1905

Descripción:

A. Poncho de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento doble faz. Presenta un ribete en todo el contorno. El anverso presenta un diseño de un solo color y en el reverso, figuras de caballero medieval montado a caballo y que porta una lanza.

B. Poncho de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento tela o tefetán. Presenta listados en franjas múltiples anchos.

Dibujo técnico



Fotografía

Figura 4: Ficha técnica y descriptiva TKS-0106, Herrera, A y Vicuña, B.

FICHA TÉCNICA

Institución: Biblioteca científica Museo de Historia Natural de Valparaíso

Colección: Fondo Teodoro Kuhlmann Steffens

Código: TKS-0108 **Fotografía:** Técnica albúmina, soporte papel

Tipología objeto de estudio	Manta	Poncho	Mantón
		●	●

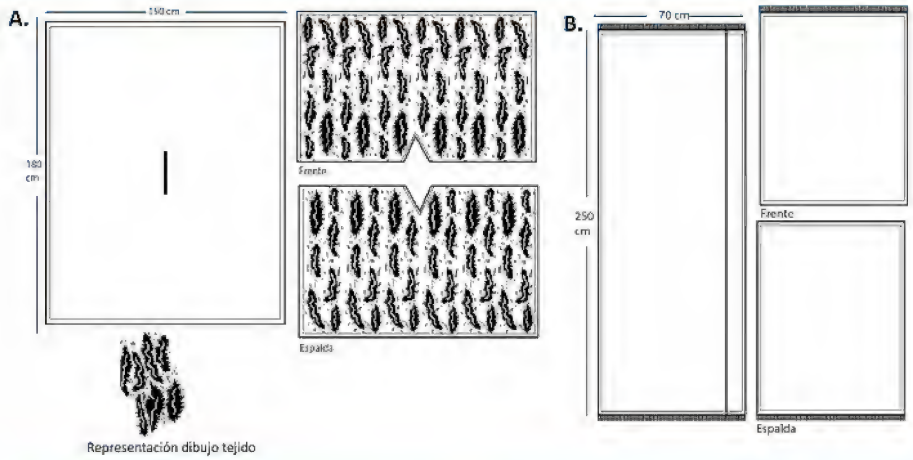
Fecha asignada a producción objeto: 1890 a 1905

Descripción:

A. Poncho de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento doble faz. Presenta un ribete en todo el contorno. El anverso es de un color y en el reverso posee dibujos de elementos ondulados y líneas irregulares.

B. Mantón de mujer, se presume tejido a telar y de ligamento tela o tefetán. Presenta en zoa lateral una franja de color diferente al fondo. En los extremos presenta terminación con flecos.

Dibujo técnico



Fotografía

Figura 5: Ficha técnica y descriptiva TKS-0108, Herrera, A y Vicuña, B.

En los restantes objetos analizados, se identifica en el caso de los mantones usados por mujeres, el predominio de tejidos de un solo color, se presume de una paleta cromática oscura, y la presencia de algunas terminaciones en los bordes de flecos. (Figura 5). En relación a los restantes objetos identificados de mantas y ponchos, se observa un predominio de tejidos con una composición de franjas, líneas en distintos grosores (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11).

FICHA TÉCNICA

Institución: Biblioteca científica Museo de Historia Natural de Valparaíso

Colección: Fondo Teodoro Kuhlmann Steffens

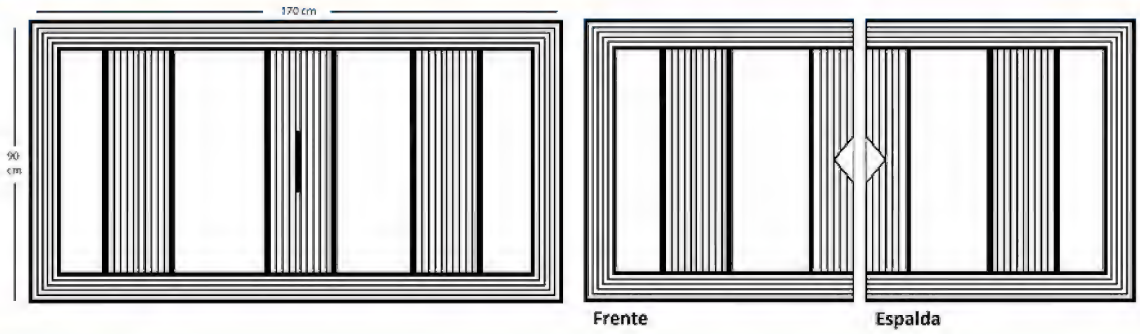
Código: TKS-0009 **Fotografía:** Técnica gelatina, soporte papel

Tipología objeto de estudio	Manta	Poncho	Mantón
	●		

Fecha asignada a producción objeto: 1890 a 1910

Descripción:
Manta de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento tela o tefetán. Presenta dos zonas con doce líneas cada una y una huincha ancha listada en todo el contorno.

Dibujo técnico



Fotografía

Figura 6: Ficha técnica y descriptiva TKS-0009, Herrera, A y Vicuña, B

FICHA TÉCNICA

Institución: Biblioteca científica Museo de Historia Natural de Valparaíso

Colección: Fondo Teodoro Kuhlmann Steffens

Código: TKS-0089 **Fotografía:** Técnica gelatina, soporte papel

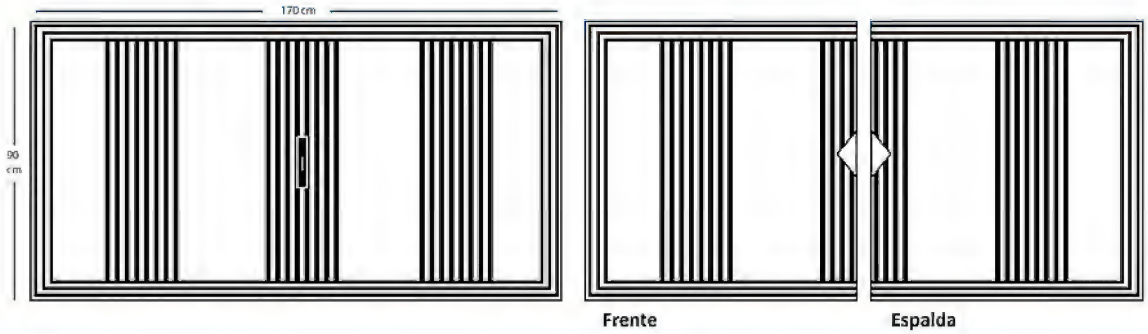
Tipología objeto de estudio

Manta	Poncho	Mantón
●		

Fecha asignada a producción objeto: 1890 a 1910

Descripción:
Manta de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento tela o tefetán. Presenta dos zonas con doce líneas cada una y una huincha ancha listada en todo el contorno.

Dibujo técnico



Fotografía

Figura 7: Ficha técnica y descriptiva TKS-0089, Herrera, A y Vicuña, B.

FICHA TÉCNICA

Institución: Biblioteca científica Museo de Historia Natural de Valparaíso

Colección: Fondo Teodoro Kuhlmann Steffens

Código: TKS-0092 **Fotografía:** Técnica albúmina, soporte papel

Tipología objeto de estudio

Manta	Poncho	Mantón
	●	

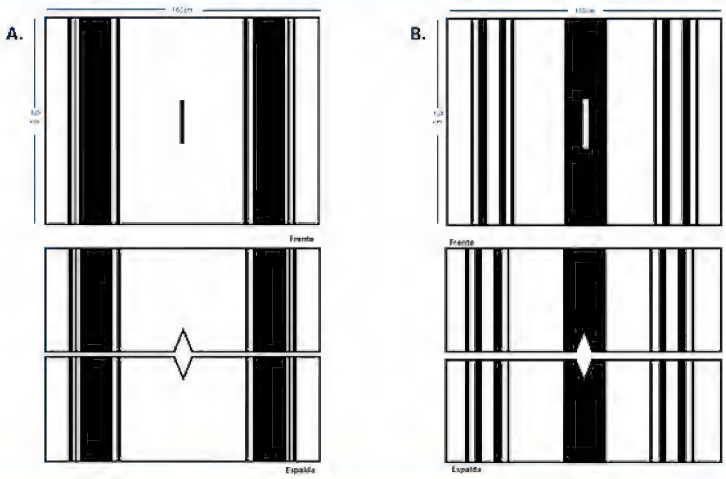
Fecha asignada a producción objeto: 1890 a 1910

Descripción:

A. Poncho de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento doble faz. Presenta un diseño simétrico con franjas en vertical en zonas laterales.

B. Poncho de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento doble faz. Presenta un diseño simétrico con franjas en vertical en laterales y franja ancha en zona del centro.

Dibujo técnico



Fotografía

Figura 8: Ficha técnica y descriptiva TKS-0092, Herrera, A y Vicuña, B.

FICHA TÉCNICA

Institución: Biblioteca científica Museo de Historia Natural de Valparaíso

Colección: Fondo Teodoro Kuhlmann Steffens

Código: TKS-0097 **Fotografía:** Técnica albúmina, soporte papel

Tipología objeto de estudio	Manta	Poncho	Mantón
	●	●	●

Fecha asignada a producción objeto: 1890 a 1910

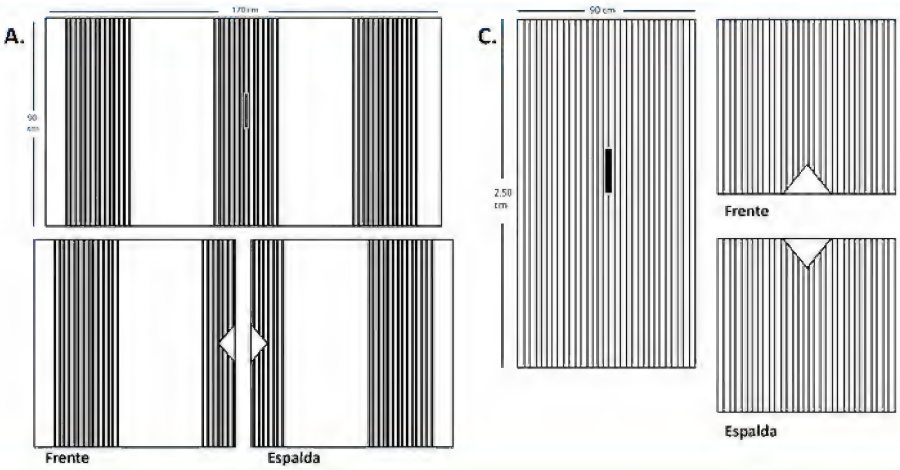
Descripción:

A. Manta de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento doble faz. Presenta franjas listadas.

B. Mantón de mujer, se presume tejido a telar y de ligamento tela o tefetán. Presenta un color.

C. Ponchos, se presumen tejidos a telar y de ligamento tela o tefetán. Algunos listados, otros lisos.

Dibujo técnico



Fotografía

Figura 9: Ficha técnica y descriptiva TKS-0097, Herrera, A y Vicuña, B.

FICHA TÉCNICA

Institución: Biblioteca científica Museo de Historia Natural de Valparaíso

Colección: Fondo Teodoro Kuhlmann Steffens

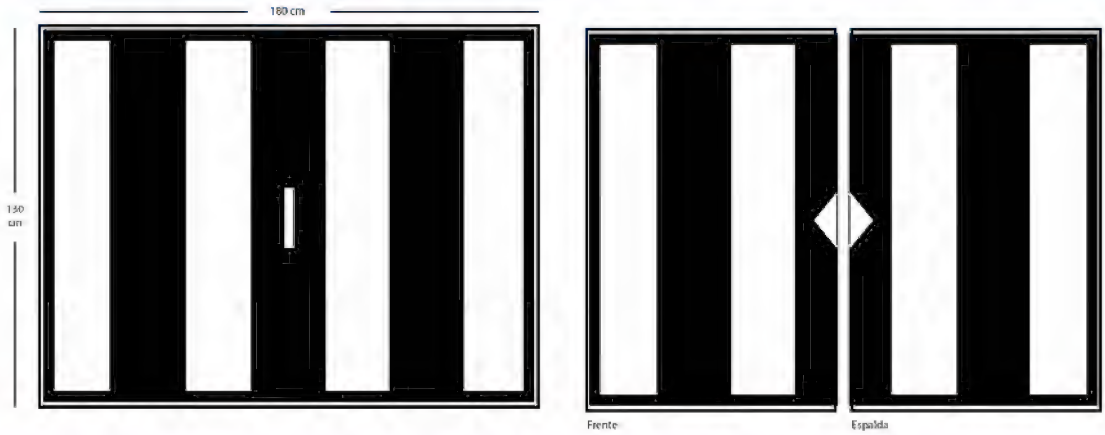
Código: TKS-0110 **Fotografía:** Técnica albúmina, soporte papel

Tipología objeto de estudio	Manta	Poncho	Mantón
	●		

Fecha asignada a producción objeto: 1890 a 1910

Descripción:
A. Manta de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento doble faz. Presentatres franjas anchas y una franja delgada que ribetea todo el controno.

Dibujo técnico



Fotografía

Figura 10: Ficha técnica y descriptiva TKS-0110, Herrera, A y Vicuña, B.

FICHA TÉCNICA

Institución: Biblioteca científica Museo de Historia Natural de Valparaíso

Colección: Fondo Teodoro Kuhlmann Steffens

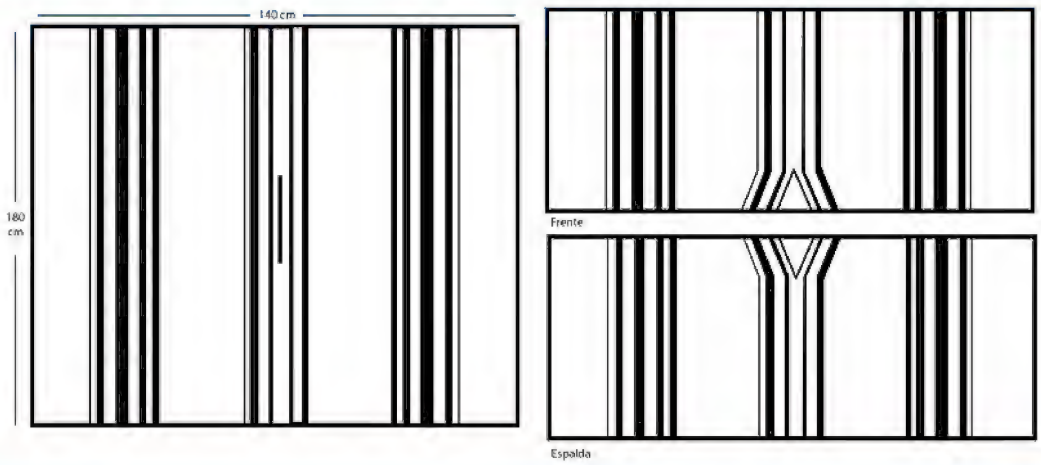
Código: TKS-0111 **Fotografía:** Técnica albúmina, soporte papel

Tipología objeto de estudio	Manta	Poncho	Mantón
	●		

Fecha asignada a producción objeto: 1890 a 1910

Descripción:
A. Manta de hombre, se presume tejido a telar y de ligamento doble faz. dos zonas con doce líneas cada una y una huincha ancha listada en todo su controno.

Dibujo técnico



Fotografía

Figura 11: Ficha técnica y descriptiva TKS-0111, Herrera, A y Vicuña, B.

CONCLUSIONES

La colección fotográfica Kuhlmann se constituye como una fuente de referencia de observación ilimitada de las dinámicas socio-culturales de la sociedad chilena en las primeras décadas del siglo XX. El estudio de la colección nos permite identificar las variadas lecturas que puede tener el documento fotográfico, presentándose como una unidad de análisis para conocer modos de vida, prácticas y manifestaciones sociales de personas, específicamente en relación con las características del vestir en hombres y mujeres en contextos urbanos y rurales hasta mediados de la década del siglo XX. Profundizar en el análisis de las fotografías de Kuhlmann ha permitido recabar información para contextualizar el uso de mantas, ponchos y mantones resguardados en el CCTex de la Escuela de Diseño, Universidad de Valparaíso y por ende otorgar sentido a la labor de conservación de los objetos y colecciones.

Con relación a la investigación, se reconoce la importancia del objeto de estudio como prenda de abrigo y de la indumentaria de hombres y mujeres a fines de siglo XIX y primera década del siglo XX. Presentándose la particularidad de que mantas y ponchos es portado solo por hombres, mientras que las mujeres llevan el mantón ya sea cubriendo los hombros y el cuerpo o en algunos casos envolviendo la cabeza y el torso. El estudio permitió evidenciar el uso de mantas, ponchos y mantones como una prenda y accesorio de uso frecuente, en contextos cotidianos tanto en espacios urbanos como rurales.
En relación con los aspectos compositivos se identifica que mantones se presentan con mayor frecuencia en un solo color de tonalidades oscuras y pueden presentar terminaciones de flecos en los bordes. En el caso de las mantas, en todos los casos se observaron diseños listados, en algunos casos líneas finas y en otras franjas de mayor dimensión. Con relación a los ponchos se identifican diseños en su mayoría listados y/o franjas en distintas dimensiones y dos casos presentados, que se distinguen por ser reversibles, siendo una cara de un color y la otra con patrones figurativos que se desplazan por toda la superficie.

El estudio "Caracterización de mantas y ponchos de la colección fotográfica de Teodoro Kuhlmann Steffens", ha permitido confirmar la importancia de complementar con fuentes referenciales fotográficas los componentes estructurales morfológicos y de uso de mantas, ponchos y mantones. Asimismo, a partir de los objetivos planteados se deduce la importancia de articular trabajos colaborativos entre instituciones, potenciando la relación interdisciplinar y la visibilidad de colecciones, además de aportar a establecer otras visiones de estudio sobre los documentos conservados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Museo de Historia Natural de Valparaíso por la información proporcionada en torno a la colección y el aporte y disposición de su equipo de trabajo. Se agradece a Victoria Castillo Carrasco y Camila Ite Bustamante estudiantes de la carrera de Diseño, Universidad de Valparaíso por su aporte en diseño de dibujos técnicos de objeto de estudio y a Belén Vicuña Herrera por su aporte en diseño de fichas técnicas y producto audiovisual de documento avance investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, I, Guajardo, V.2011. Mantas y Mantos. Cubrir para lucir. Colecciones del Museo Histórico Nacional. pp.9.

Boote, Arturo W. (1861-1936). Photographe. [Recueil. Vues, types et moeurs d'Argentine et du Chili]. Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF. Disponible en: https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8448921x.r=Boote%2C%20Arturo%20W.%20%281861-1936%29.%20Photographe.%20%5BRecueil.%20Vues%2C%20types%20et%20moeurs%20d%27Argentine%20et%20du%20Chili%5D.?rk=21459;2 [Último acceso 05 .10. 2020]

Carrasco E. 2011. Sociedad Fotográfica de Aficionados de Valparaíso: Colección Teodoro Kuhlmann Steffens (1869-1957).Informe FONDART. Informe de actividades: sección investigación. pp. 11.

Eguiguren, J., Eguiguren, J., Vega R. 2002. EL PONCHO. Arte y Tradición. 2002. Argentina. Ediciones Vega y Eguiguren.pp.10.

Museo de Historia Natural de Valparaíso.2020.Teodoro Kuhlmann: Imagen Documental de Valparaíso. Disponible en: https://www.mhnv.gob.cl/636/w3-article-87316.html?_noredirect=1 [Último acceso 03.08.2020]

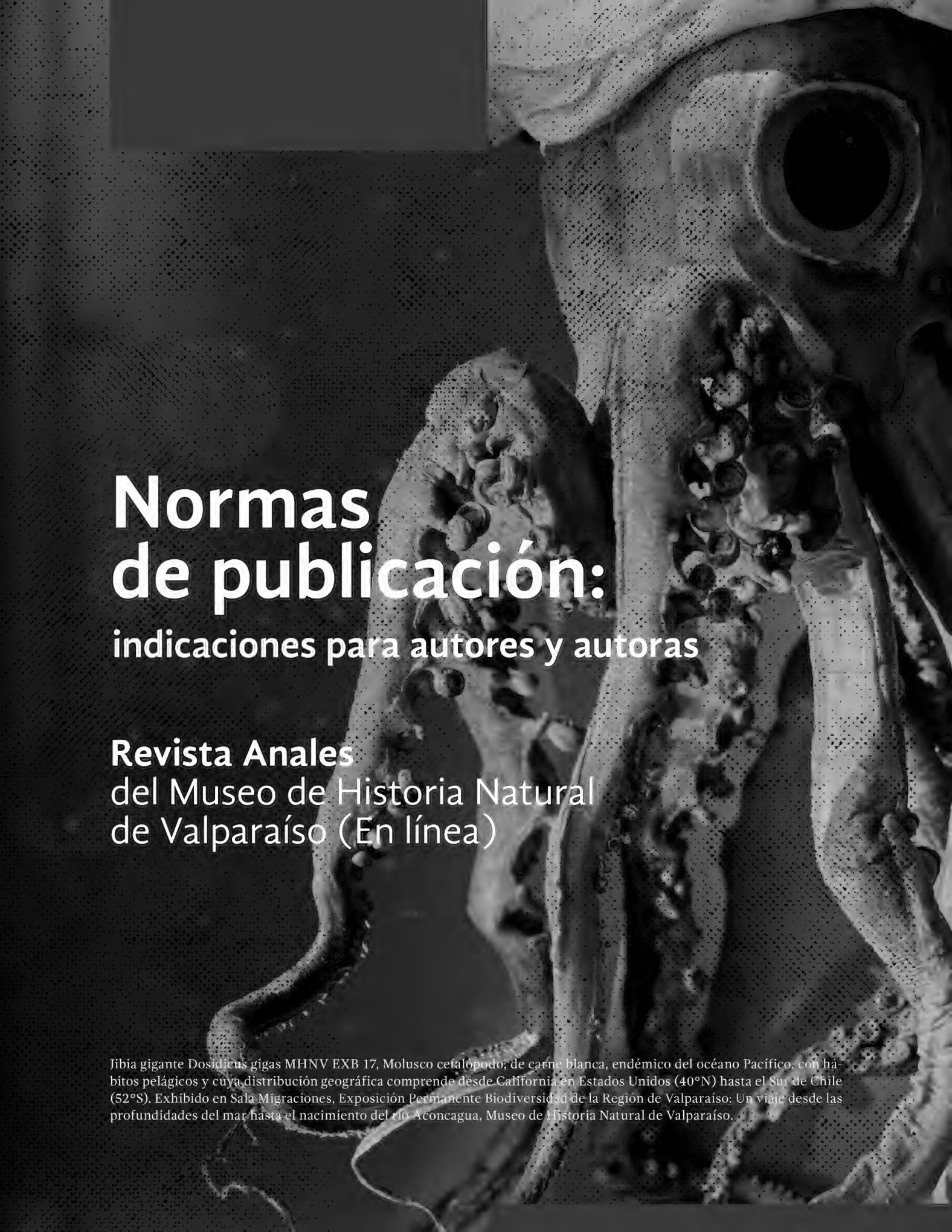
Pereira, E.1965. Historia del Arte del Reino Chileno. Disponible en: http://libros.uchile.cl/files/presses/1/monographs/121/submission/proof/files/assets/basic-html/page473.html [Último acceso 28. 07. 2020]

Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. Disponible en: https://dle.rae.es/manta [Último acceso 22 .07.2020]

Real Academia española. Diccionario de la lengua española. Disponible en: https://dle.rae.es/mant%C3%B3n%20?m=form [Último acceso 22 .07.2020]

Real Academia española. Diccionario de la lengua española. Disponible en: https://dle.rae.es/poncho?m=form[Último acceso 22 .07.2020]

Robinson, M.1904. The Republic of Chile.



Normas de publicación:

indicaciones para autores y autoras

Revista Anales
del Museo de Historia Natural
de Valparaíso (En línea)

Jibia gigante Dosidicus gigas MHNV EXB 17, Molusco cefalópodo, de carne blanca, endémico del océano Pacífico, con hábitos pelágicos y cuya distribución geográfica comprende desde California en Estados Unidos (40°N) hasta el Sur de Chile (52°S). Exhibido en Sala Migraciones, Exposición Permanente Biodiversidad de la Región de Valparaíso: Un viaje desde las profundidades del mar hasta el nacimiento del río Aconcagua, Museo de Historia Natural de Valparaíso.

Normas de publicación: indicaciones para autores y autoras

I. INFORMACIÓN GENERAL

a. Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso, ISSN 0716-0178, fue fundada y publicada en formato impreso el año 1968 por el Museo de Historia Natural de Valparaíso y la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. Esta publicación de carácter anual tiene por objetivo publicar trabajos originales e inéditos referidos al estudio de temas relacionados con las ciencias naturales, arqueología y antropología principalmente de la Región de Valparaíso y la Zona Central de Chile. La publicación está dirigida a especialistas y público en general que tenga interés en las disciplinas de estudio mencionadas. Actualmente la revista se publica en formato digital bajo el título de Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (En Línea) ISSN 0717-537X, dispuesto para su consulta y descarga en la página web del Museo de Historia Natural de Valparaíso[1].

b. Se reciben contribuciones producto de investigaciones originales que sean un aporte en su campo disciplinario, presentadas por investigadores nacionales o extranjeros, redactadas en castellano o inglés, pudiendo presentar la información en los siguientes formatos de texto: artículos científicos originales, artículos de revisión, reseñas históricas, notas científicas breves, recensiones bibliográficas y artículos de opinión, todos

[1] Sitio web www.mhnv.gob.cl

de carácter inédito, es decir que no se encuentre en proceso de revisión o publicados en otra revista o medio de comunicación.

c. Todas las contribuciones presentadas se deben acoger de manera estricta a las normas de publicación definidas por el Comité Editorial de Revista Anales; el no cumplimiento de estas es razón suficiente para su rechazo.

d. La recepción de los trabajos para la creación del próximo volumen tiene como fecha de cierre el 30 de septiembre 2021. Los artículos recibidos serán sometidos a una primera revisión por el Comité Editorial, el que determinará su aceptación, modificación o rechazo. La aceptación final de un trabajo para su publicación estará condicionada a que se hayan realizado las modificaciones de estilo, forma y contenido que el Editor haya comunicado. Los autores son responsables del contenido y el correcto uso de las referencias que se citen.

e. Los artículos se deben enviar a la Editora general de Revista Anales, Vivian Cordero Peñafiel por correo electrónico a vivian.cordero@museoschile.gob.cl. Apenas sea enviado, el o los autores(as) recibirán una notificación de recepción del material. Luego de ello el artículo pasa a revisión, en donde se indicarán el cumplimiento de los requisitos dispuesto en las normas, a través de una evaluación que indicará su rechazo, modificación o aceptación. A (el/la/los/las) autor (es/as) se le(s) mantendrá(n) informados vía correo electrónico sobre el avance de los procesos editoriales de la revista.

Cuando el ejemplar esté listo, se notificará a cada autor(a) y se realizará el envío de la publicación completa junto a la separata de su artículo en PDF para su uso personal de divulgación.

El Vol. 34 (2021) de Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (En línea) conformado a partir de esta convocatoria, será publicado en digital y dispuesto en la página web del museo para su lectura y descarga, considerando esta como la plataforma oficial de difusión y consulta.

II. CÓDIGO ÉTICO

a. Mientras un manuscrito se encuentre en proceso de revisión para su aceptación, no debe ser enviado para su evaluación a otras revistas. Tampoco puede ser distribuido en bibliotecas o similares sin el permiso explícito y por escrito del Editor.

b. El comité editorial considerará la publicación de un trabajo de acuerdo con los méritos de contenido, estructuración adecuada y cumplimiento de las normas de publicación y se reservan el derecho de rechazar aquellos trabajos que, a su juicio, no se ajusten a la política editorial. La aceptación, rechazo, sugerencias y observaciones serán puestas en conocimiento de los(as) autores(as) a través de correo electrónico.

c. Los manuscritos recibidos se procesarán con la mayor diligencia y no se revelará ninguna información sobre un manuscrito en proceso de revisión o publicación.

d. Al momento de ser notificado(a) como parte del próximo volumen de Revista Anales, se le enviará a (el/la/los/las) autor (es/as) un formulario de autorización para publicar, en cual toman conocimiento de las condi-

ciones y términos de publicación. El Museo no asume responsabilidad alguna por los dichos, comentarios u opiniones expresadas en el trabajo presentado, los que son de completa responsabilidad de (el/la/los/las) autor (es/as).

e. El Museo de Historia Natural de Valparaíso pública esta revista con la finalidad de propiciar un fomento a la investigación y divulgación de las ciencias, a nivel regional y país, en ningún caso responde a una actividad con fines de lucro.

III. ESPECIFICACIONES DE LA PUBLICACIÓN FORMATO DEL MANUSCRITO

General

Original escrito en archivo Word con formato carta, letra Calibri, tamaño de letra 10pt, interlineado a 1,5 líneas y justificado, márgenes 2 cm por lado.

Secciones del manuscrito

a. Título: debe exponer el contenido real del trabajo, en forma concisa y si incluye algún nombre científico genérico o específico se deberá indicar el taxón inmediatamente superior. El Editor se reserva el derecho de editar el titulo previa consulta con los autores.

b. Autor (A/ES/AS): él o los autores(as) deben colocar su nombre y dos apellidos seguidos de uno o más asteriscos, los que indicarán al pie de página en letra Arial 10pt la profesión, grado académico, pertenencia institucional y dirección (postal o electrónica).

c. Resumen y abstract: deben ser concisos e informativos, especificando el objetivo, la metodología, los principales hallazgos y las conclusiones en un máximo de200 palabras.

d. Palabras claves y keywords: bajo el resumen y el abstract se propondrán entre dos a seis palabras claves que hagan referencia a los aspectos más destacados del articulo y no estén presentes en el título.

e. Texto: debe contar con introducción, materiales y método, resultados, discusión y conclusiones. No usar tabulaciones. Para la puntuación: dejar un espacio después de coma (,) y de punto y coma (;) - y dejar dos espacios después de punto (.). El contenido grafico será denominado figura en el texto y su lugar tiene que estar claramente identificado en el cuerpo del artículo.

f. Agradecimientos: deben ser breves y en lo posible debe evitarse el uso de grados académicos. Se sugiere poner el nombre de la persona a la que se agradece y el nombre completo de las instituciones (Corporación Nacional Forestal en lugar de CONAF), considerando un máximo de 30 palabras.

g. Bibliografía o literatura citada: debe estar relacionada con el texto mediante las citas y notas de pie de página. Se deben limitar en la utilización de pie de página, comprendiendo que son de utilidad aclaratoria o de complemento al texto.

h. Anexos (tablas, figuras, leyendas): se pueden incluir hasta 15 imágenes; las fotografías serán consideradas como figuras para su numeración.

i. Tipo de manuscrito: las notas científicas breves, reseñas históricas, recensiones bibliográficas y artículos de opinión, las cuales tienen menor extensión se deben construir con la misma estructura aquí presentada, considerando las siguientes extensiones de acuerdo con el tipo de manuscrito:

Tipo de manuscrito extensión máxima[2]	
Artículos científicos orginales	20 pág.
Artículos de revisión	10 pág.
Notas científicas breves	5 pág.
Reseñas históricas	5 pág.
Recensiones bibliográficas	5 pág.

[2] Incluyendo fotografías, bibliografías y anexos

Figuras y tablas

Las imágenes (consideradas figuras), gráficos y tablas deben ser adjuntados en un archivo aparte del manuscrito, en formato TIFF o JPG de buena resolución.

Todas las figuras, deben numerarse como Figura 1, Tabla 1, Gráfico 1. El título y leyenda de la figuras debe ser dispuesta debajo de las mismas, esto también aplica en el caso de los gráficos. El uso de figuras deberá limitarse al mínimo indispensable para comprender el texto. Su ubicación en el texto debe quedar claramente señalizada para su posterior inserción.

Cree las tablas en Word, si la tabla excede el tamaño de una página debe iniciar una nueva en otra página y continuar completando los datos. No utilice formatos PDF ni Excel para su creación. Para su entrega, la tabla creada debe ser traspasada a formato TIFF o JPG de buena resolución. El título de la tabla debe disponerse sobre la misma en el texto y su ubicación en el texto debe quedar claramente señalizada para su posterior inserción.

Fotografías

Entregar cada una en archivo separado en formato TIFF o JPG con alta resolución. Sólo si el tamaño real de las imágenes resulta excesivo, éstas pueden reducirse a escala; dada la pérdida de resolución, no deben incluirse imágenes que requieran aumento de tamaño. La resolución mínima aceptable es de 300 dpi. Si las fotografías se obtienen directamente de cámara digital, la indicación debe ser "alta resolución". No se aceptan imágenes obtenidas en internet o escaneadas con resolución baja o entre 72 y 96 dpi.

Consideraciones

Los esquemas y diagramas, gráficas de pastel, barras, etcétera, deben ser creadas con herramientas Word y para su entrega deben ser traspasados a formato TIFF o JPG de buena resolución.

LITERATURA CITADA

Las citas bibliográficas incluidas en el texto deberán consignar el apellido del autor y el año (Baeza, 2010), si son dos autores se mencionarán los apellidos separados por la palabra" y", una coma (,) y el año (Baeza y González, 2015); cuando sean más de dos autores se citará al primero seguido por una coma (,) y las palabras "et al." y el año (Baeza, et al. 2015). Si hay varios trabajos de un mismo autor(a) en un mismo año, se citará con una letra en secuencia junto al año (Baeza, et al. 2015a, 2015b, 2015c), siempre colocando los paréntesis correspondientes en cada caso como se ejemplifica en

este punto. Si se incluye número de página debe consignarse de la siguiente manera (Baeza, 2010, pág. 33).

La literatura citada que no corresponda a publicaciones en libros o revistas deberá ser citada como notas al pie de página comprendiéndolas como una aclaración o complemento al texto. La fuente de las notas al pie de página es Calibri 9 pt y debe consignar un número correlativo de acuerdo con su lugar en el texto.

La bibliografía incluirá solo las referencias citadas en el texto en formato APA, ordenándolas alfabéticamente por apellido. La creación de la bibliografía contempla la siguiente estructura, utilizando solo el primer nombre y apellido del autor(a), como se evidencia en los siguientes ejemplos, de acuerdo con el tipo de material consultado:

Libros, tesis, y otras monografías

Albert, F. 1900. Las dunas del centro de Chile. Santiago: Imprenta Cervantes, 228 p.

Artículos o capítulos de libros

Castro, C. 2012. Federico Albert y las dunas en Chile. En: Las dunas del centro de Chile (Albert, F). Santiago: Cámara Chilena de la Construcción, pp. 9-24.

Artículos de revistas

Vidal, A. 2010. Evaluación de la evidencia arqueobotánica durante el período formativo en el norte grande de Chile. Revista Werken (12): 61-76.

Stehberg, R. y Sotomayor, G. 2012. Mapocho Incaico. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (61): 85- 159.

Recursos procedentes de Internet

Torres, F. 2012. Situación del Arte y la Artesanía Rapanui. En: Estudio Diagnóstico del desarrollo cultural del pueblo RAPANUI. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, pp. 234-259. Disponible en: http://xurl.es/nv63m [Ultimo acceso: octubre, 2020].

ANALES
DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO

Consultas y contribuciones a:
Vivian cordero peñafiel, bibliotecóloga
Editora general revista anales del museo
vivian.cordero@museoschile.gob.cl

Museo de Historia Natural de Valparaíso
mhnv@museoschile.gob.cl
Teléfono: +56 32 217 5380
www.mhnv.gob.cl

Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio
Gobierno de Chile

MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAÍSO